

**Aus der I. Medizinischen Klinik und Poliklinik
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Prof. Dr. med. R. Wolff**

**Zur Methode und erste klinische Anwendung
der Erythrocytenfiltration**

**INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz**

**vorgelegt von
MARGIT SPIESS
aus Kattowitz**

Mainz 1971

**Aus der I. Medizinischen Klinik und Poliklinik
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Prof. Dr. med. R. Wolff**

**Zur Methode und erste klinische Anwendung
der Erythrocytenfiltration**

**INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz**

**vorgelegt von
MARGIT SPIESS
aus Kattowitz**

Mainz 1971



Referent: Prof. Dr. med. F. Gramlich
Korreferent: Prof. Dr. med. R. Wolff
Dekan: Prof. Dr. med. W. Ketterl
Tag der mündl. Prüfung: 14.12.1971

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	Seite 1
Methode	Seite 2 - 7
Ergebnisse der durchgeführten Versuche abhängig von:	Seite 8 - 57
1) dem eingestellten Hämatokrit	Seite 9 - 17
2) der Zeit	Seite 18 - 29
a) sofort nach der Blutentnahme als Suspension gemischt	
b) erst bei Gebrauch als Suspension gemischt	
3) dem Glucosegehalt des Antikoagulans	Seite 30 - 31
4) dem Energiestoffwechsel der Erythrocyten	Seite 32 - 34
5) der BSG	Seite 35 - 39
a) normal beschleunigte BSG	
b) pathologisch beschleunigte BSG	
6) der Zusammensetzung der Serum- eiweißkörper entsprechend der Elektrophoresewerte des Serums	Seite 39 - 57
a) vom absoluten Gamma-Glob.gehalt	
b) vom absoluten Alpha-Glob.gehalt	
c) vom absoluten Beta-Glob.gehalt	
d) vom absoluten Albumingehalt	
Diskussion	Seite 58 - 63
Zusammenfassung	Seite 64
Literaturverzeichnis	Seite 65 - 66



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554425_0077

Einleitung

Im Kapillarmikroskop kann man beobachten, daß normale rote Blutkörperchen ihre Form verändern, um Gefäße mit Durchmessern unter 7μ zu passieren. Dieser Verformbarkeit der Erythrocyten wird in dem noch jungen Wissensgebiet der Rheologie des Blutes als Teilfaktor für die Fließeigenschaften des Blutes große Aufmerksamkeit geschenkt. Außerdem erlangt sie klinische Bedeutung in der Pathogenese hämolytischer Zustände.

Das wissenschaftliche Studium der hämolytischen Anämien führt immer wieder zur Frage nach der Plastizität der roten Blutkörperchen. Die Plastizität ist ein Ausdruck der Funktionstüchtigkeit der Erythrocytenmembranen, von der weitgehend die Lebenszeit der roten Blutkörperchen abhängt (1), die bei allen hämolytischen Anämien herabgesetzt ist.

Die mangelnde Verformbarkeit der roten Blutkörperchen bei den angeborenen Hämatopathien, aber auch die durch extracorpussculäre Milieueinflüsse hervorgerufene Sphärocytose bei den erworbenen und z.T. autoantikörperbedingten hämolytischen Anämien werden für die selektierende Filtration und Sequestration durch das Maschenwerk in der Milz angeschuldigt (8).

Die Filtration wärmegeschädigter Erythrocyten durch die Milz wird seit geraumer Zeit zur szintigraphischen Darstellung des Organes benutzt (2,4,5).

Vom biologischen Vorbild der Blutzellfiltration in der Milz inspiriert, sind bisher nur einzelne Versuche unternommen worden, die Plastizität der roten Blutkörperchen in einem Filtrationstest in vitro zu erfassen. Im Jahre 1961 entwickelte Teitel (10) eine Technik, die quantitative Daten über die Plastizität der roten Blutkörperchen erbringt. Dabei wurden Bedingungen, die in vivo im Mikrokreislauf herrschen, in gewissem Umfang in vitro hergestellt, d.h. die Passage der Erythrocyten durch Lücken, die enger sind als der normale Durchmesser der Erythrocyten. In diesem Erythrocyten-Filtrationstest erscheint

die Plastizität der roten Blutkörperchen als Ausdruck ihrer Filtrierbarkeit (10).

In Anlehnung an diesen Test wurde mit einigen Änderungen der folgende Erythrocyten-Filtrationstest durchgeführt. Besonderer Wert wurde dabei auf die Reproduzierbarkeit der Methode und im besonderen auf eine möglichst konstante Porenweite im Filter, nämlich bei 5 μ , und auf eine konstante Filterfläche gelegt.

Methodik des Erythrocytenfiltrationstestes

I) Benutzte Geräte und Reagenzien

Filtergeräte Marke SM 16 306 der Fa. Sartorius, Göttingen
Membranfilter SM 11 mit einem Durchmesser von 35 mm und
einer Porenweite von 5 μ (s.S. 2a)

Bechergläser zu 50 ml

Erlenmeyer-Kolben zu 50 ml

Reagenzgläser zu 10 ml

5 Reagenzgläser zu 20 ml

diverse Pipetten

Zur Cyanhämminbestimmung werden gebraucht:

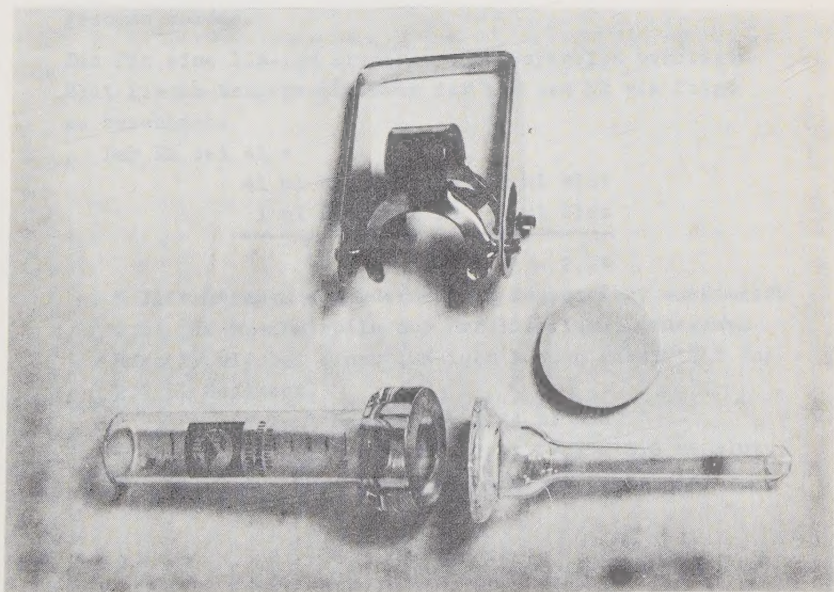
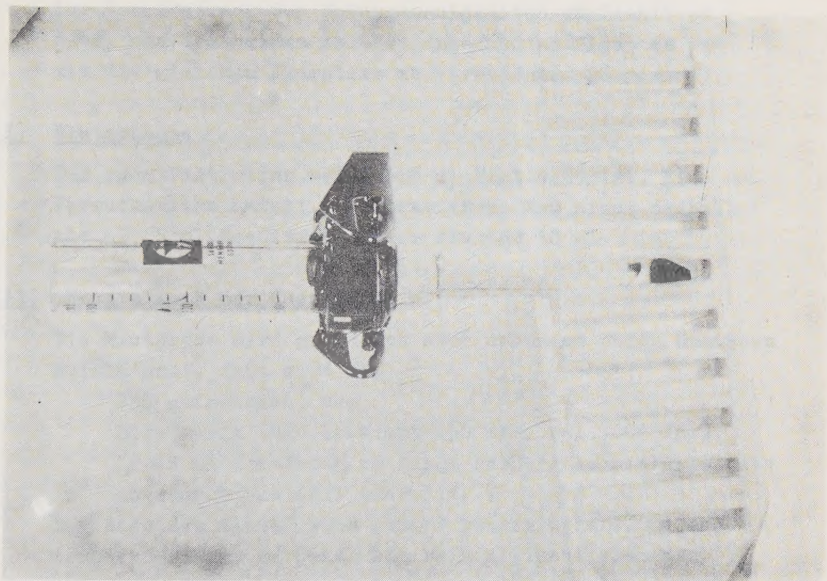
Transformationslösung	KCN	25,0 mg
	$K_3(Fe(CN)_6)$	100,0 mg
	$NaHCO_3$	500,0 mg
	Aqua dest. ad	500,0 ml

Diese Lösung ist nicht lichtbeständig und kann deshalb
nur 4 Wochen in einer braunen Flasche aufbewahrt werden.

1 Vollpipette zu 5 ml

1 Kapillarpipette zu 0,02 ml

Reagenzgläser zu 10 ml



Zur Verringerung der Meßungenauigkeiten empfiehlt es sich, von den beiden zuletzt angeführten Pipetten immer die gleichen Exemplare zu verwenden.

II) Blutabnahme

Für jede Filtration werden 10 ml Blut benötigt. Eine Versuchsreihe umfaßt 5 Filtrationen. Man nimmt deshalb ab: 5 ml Na-Citrat 3,8% + Blut ad 50 ml

III) Herstellung der Suspension

Die Blutprobe wird gründlich aber schonend durch Umkippen durchmischt, dann wird die

BSG aufgezogen, der
Hämatokrit (Hk) bestimmt (30 min. bei 3000 rpm),
10-15 ml der Probe in einem Becherglas mit Parafolie
abgedeckt und kühl gestellt.

Der Rest des Blutes wird scharf zentrifugiert, um ausreichend Plasma zu gewinnen. Beim Abpipettieren des Plasma darf die buffy coat nicht aufgewirbelt oder angesogen werden.

Das für eine 10%-ige Erythrocyten-Suspension benötigte Blut/Plasma-Mengenverhältnis ist aus dem Hk wie folgt zu berechnen:

Der Hk sei 41 :

41 ml Sediment in 100 ml Blut
1 ml Sediment in x ml Blut

$$x = 100 : 41 = 2,44$$

5 Filtrationen erfordern 25 ml Suspension, zusätzlich 2 ml für Hk-Kontrolle und Umfüllverluste, zusammen also 27 ml, bei einer 10%-igen Lösung entspricht das 2,7 ml Sediment.

$$1 \text{ ml Sediment} = 2,44 \text{ ml Blut}$$

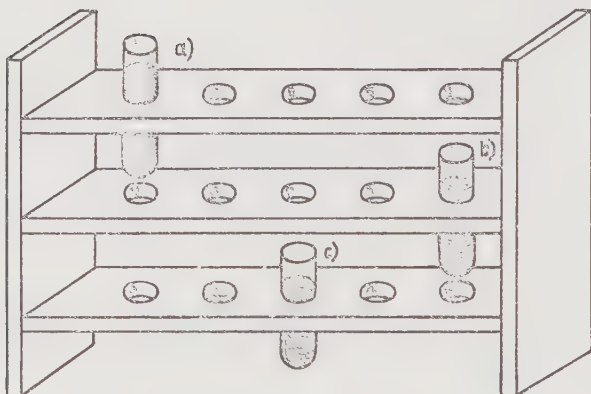
$$2,7 \text{ ml Sediment} = 2,44 \cdot 2,7 = 6,6 \text{ ml Blut}$$

$$6,6 \text{ ml Blut} + 20,4 \text{ ml Plasma} = 27 \text{ ml Suspension}$$

Plasma und Blut werden im Erlenmeyer-Kolben durch Umkippen gut gemischt, anschließend wird der Hk kontrolliert.

IV) Filtration und Herstellung der Cyanhäminlösung

Die 10 ml-Reagenzgläser werden in einem Reagenzglasständer in 3 Reihen zu je 5 Stück angeordnet. (Skizze 1)



Skizze 1

Die Reagenzgläser der oberen Reihe (a) werden mit je 5 ml vorher sehr gut durchmischter Suspension beschickt, die der beiden unteren Reihen (b und c) mit je 5 ml Transformationslösung.

In die Gläser der Reihe b werden mit der Kapillarpipette je 0,02 ml der darüberstehenden Suspension (aus Reihe a) überpipettiert, wobei die Suspension vorher 10 mal gekippt wird, damit sie gut durchmischt ist. Nach dem Aufziehen wischt man die Pipette sauber ab, bläst sie in die Transformationslösung aus und zieht 3 mal wieder auf.

Bevor nun die Membranfilter in die Filtergeräte eingelegt werden, muß ihre Benetzbarkeit geprüft werden, am besten mit physiologischer Kochsalzlösung mit einem pH von 7. Nur wirklich einwandfreie Filter, die sich gut befeuchten lassen, gewährleisten vergleichbare Filtrationswerte.

Nachdem man die befeuchteten Filter in die Filtergeräte eingelegt hat und diese in die 20 ml-Reagenzgläser gestellt hat, läßt man die gut durchmischte Suspension auf den Filter fließen. Sobald die Suspension den Filter bedeckt, beginnt die Zeitmessung mit der Stoppuhr.

Es ist zu vermeiden, daß sich das Ablaufrohr des Filtergerätes mit Filtrat zusetzt. Die Folge wäre eine fehlerhafte, zu hohe Filtratmenge durch die Wirkung des hydrostatischen Sogs der Flüssigkeitssäule.

Dies läßt sich verhindern, indem der 1. Tropfen durch Schräghalten des Reagenzglases auf dessen Innenwand geleitet wird, wodurch eine Flüssigkeitsbrücke zwischen Ablaufrohr und Wand geschaffen wird, die einen gleichmäßigen Abfluß gewährleistet.

Nach 5 min. ist die Filtration beendet, und das Filtergerät wird auf das geleerte Suspensionsglas (Skizze 1, Reihe a) umgesetzt.

Sollen mehrere Versuchsreihen nacheinander durchgeführt werden, müssen die Filtergeräte jeweils gespült und getrocknet werden.

Nach Beendigung der Filtrationen werden die jeweiligen Filtratmengen mit einer Meßpipette aufgesaugt, abgemessen und aus jedem 20 ml-Reagenzglas nach 10-maligem Umkippen 0,02 ml des Filtrates mit der Kapillarpipette wie oben angegeben in das ent-

sprechende Glas der Reihe c überpipettiert.
Danach wartet man bis zur Extinctionsmessung mindestens
20 min. wegen der Farbstabilität.

V) Messung und Berechnung

Die Extinctionen der Cyanhäminlösungen von den Suspensionen
und den Filtraten werden in 10 m/m - Küvetten mit Filter
Hg 546 gegen Aqua dest. im Photometer Eppendorf gemessen.

Beispiel für die Auswertung:

1	2	3	4	5	6	7
2,8	0,082	0,078	2,95	2,81	147	79
2,8	0,081	0,082	2,92	2,95	146	83
2,7	0,083	0,078	3,00	2,81	150	76
2,7	0,082	0,081	2,95	2,92	147	80
2,7	0,083	0,079	3,00	2,84	150	77
$\bar{x}$: 2,7			2,96	2,87	148	79
ml	E	E	g%	g%	mg	mg

Spalte 1 : Filtratvolumen

Spalte 2 : Extinction vor der Filtration

Spalte 3 : Extinction nach der Filtration

Spalte 4 : Hb-Konzentration der Suspension vor der Filtra-
tion in g% = Spalte 2 mal 36

Spalte 5 : Hb-Konzentration des Filtrates in g% =
Spalte 3 mal 36

Spalte 6 : Hb-gehalt von 5 ml Suspension in mg =
Spalte 4 mal 0,05

Spalte 7 : Hb-gehalt des Filtrates in mg =
Spalte 5 mal 0,01 mal Filtratvolumen

VI) Zusammensetzung des verwendeten Blutes

- 1) Erstens wurde Blut verwendet, das, in Vakuum-Flaschen abgenommen, den folgenden Stabilisator enthielt:

13,2 g Na-citricum neutrale . 2 H₂O

4,4 g Acid. citric.

14,7 g Sacch. amylac. . H₂O

Aqua dest. ad 1000 ml

Sowohl Blut mit einer normalen BSG als auch mit einer pathologisch erhöhten wurde auf diese Weise abgenommen.

Von diesem Stabilisator-Blut wurden verschieden-prozentige Suspensionen hergestellt und verarbeitet.

- 2) Dann wurde reines Citrat-Blut verwendet, das auf 50 ml Blut 5 ml 3,8%-iges Na-citrat enthielt. Dieses Blut hatte eine normale BSG und wurde als 15%-ige Suspension und als Vollblut, d.h. bei dem natürlichen Hämatokrit, verarbeitet.

Ergebnisse der durchgeführten Versuche

Die Filtrationen wurden ausgeführt in Abhängigkeit:

- 1) vom eingestellten Hämatokrit (Hk)
- 2) von der Zeit
 - a) sofort nach Abnahme des Blutes als Suspension gemischt
 - b) erst bei Gebrauch als Suspension gemischt
- 3) vom Antikoagulans
 - a) mit ACD - Blut
 - b) mit reinem Citrat-Blut
- 4) vom Energiestoffwechsel der Erythrocyten
- 5) von der BSG
 - a) normal beschleunigte BSG
(d.i.in der 1.Std.nicht über 10 mm senkend)
 - b) pathologisch beschleunigte BSG
- 6) von der Zusammensetzung der Serumeiweißkörper entsprechend der Elektrophoresewerte des Serums
 - a) vom absoluten Gamma-Globulingehalt
 - b) vom absoluten Alpha-Globulingehalt
 - b₁) vom absoluten Alpha₁-Globulingehalt
 - b₂) vom absoluten Alpha₂-Globulingehalt
 - c) vom absoluten Beta-Globulingehalt
 - d) vom absoluten Albumingehalt

Im einzelnen ergaben sich die nachfolgenden Befunde:

ad 1) Abhängigkeit vom eingestellten Hämatokrit (Hk)

Verwendet wurde ACD-Blut (mit Stabilisator) und einer normalen BSG, d.h. die in der 1.Stunde nicht über 10 mm senkt.

Bei den verschiedenen Konzentrationen (Hk) wurden in einer Versuchsreihe 5 Versuche durchgeführt. Aus den 5 Beobachtungen wurden der Mittelwert ($\bar{x}$), die Standardabweichungen (s) und die mittleren Fehler der Mittelwerte ($s_{\bar{x}}$) errechnet und in den Tabellen 1-4 mitgeteilt.

Dabei ergaben sich bei einem Hk von 20 folgende Werte:

<u>Filtratvol. (ml)</u>			<u>Hb-geh.i.Filtr.(mg)</u>			<u>Hb-konzentr. im</u> <u>Ansatz u. Filtrat</u>	
$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
0,59	0,23	0,10	16	9,7	4,3	4,29	3,09
0,68	0,18	0,08	27	8,8	3,9	5,02	3,90
0,75	0,16	0,07	34	9,7	4,4	5,37	4,45
0,80	0,10	0,04	35	5,7	2,5	5,28	4,36
0,82	0,07	0,03	51	6,6	3,0	6,49	6,17
0,95	0,06	0,03	49	2,7	1,2	5,59	5,23
1,05	0,30	0,13	59	15,7	7,0	5,78	5,60
1,08	0,19	0,08	56	10,2	4,5	5,61	5,13
1,14	0,10	0,04	59	9,1	4,1	5,31	5,19
1,27	0,22	0,10	61	11,0	5,0	5,26	4,84

Tab. 1

$\bar{x}$ = Mittelwerte

s = Standardabweichungen

$s_{\bar{x}}$ = mittlere Fehler der Mittelwerte

Vergleichswerte bei einer 15%-igen Suspension, Hk=15

Filtratvol. (ml)			Hb-geh.i.Filtr.(mg)			Hb-konzentr.im	
						Ansatz u. Filtrat	
$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
0,74	0,06	0,03	31	2,9	1,3	4,95	4,15
0,81	0,19	0,08	29	8,6	3,8	4,21	3,53
0,85	0,09	0,04	31	4,6	2,0	4,82	3,69
1,01	0,14	0,06	34	6,1	2,7	3,79	3,35
1,04	0,16	0,07	52	9,5	4,2	5,97	5,00
1,08	0,21	0,10	43	9,7	4,4	4,37	3,96
1,14	0,08	0,04	50	6,8	3,1	5,10	4,36
1,30	0,08	0,03	51	4,0	1,8	4,27	3,92
1,32	0,17	0,07	48	6,0	2,7	4,07	3,67
1,36	0,07	0,03	52	4,5	2,0	3,96	3,80

Tab. 2

Vergleichswerte bei einer 10%-igen Suspension, Hk=10

1,13	0,48	0,21	20	8,3	3,7	2,79	2,07
1,13	0,14	0,06	29	7,6	3,4	2,70	2,48
1,18	0,11	0,05	32	7,9	3,5	2,99	2,45
1,25	0,12	0,05	35	8,0	3,9	2,52	2,16
1,25	0,16	0,07	36	8,2	3,9	1,40	0,90
1,30	0,18	0,08	39	8,5	4,0	1,37	1,08
1,36	0,47	0,21	15	7,5	3,3	1,37	1,11
1,38	0,11	0,05	41	7,6	3,5	2,34	2,16
1,71	0,23	0,10	38	5,9	2,6	2,42	2,25
1,84	0,38	0,17	49	12,0	5,4	2,66	2,66

Tab. 3

Vergleichswerte bei einer 5%-igen Suspension, Hk = 5

<u>Filtr.vol. (ml)</u>			<u>Hb-geh.i.Filtr.(mg)</u>			<u>Hb-konzentr.im</u> <u>Ansatz u. Filtrat</u>	
$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
2,42	0,45	0,20	33	6,9	3,1	1,66	1,37
2,44	0,45	0,20	56	10,9	4,9	2,40	2,28
2,47	0,67	0,30	36	12,1	5,6	1,34	1,29
3,43	0,10	0,05	49	5,5	2,5	1,49	1,43
3,59	0,59	0,26	47	8,6	3,9	1,41	1,31

Tab. 4

Vergleicht man die Werte der Tabellen 1-4 und die graphischen Darstellungen miteinander, so wird ersichtlich, daß die Filtratvolumina mit abnehmender Konzentration der Suspension, d.h. mit fallendem Hämatokrit, ständig zunehmen. Demgegenüber nimmt der Hb-gehalt im Filtrat mit fallendem Hämatokrit von 20 zu 10 hin ab, steigt dann allerdings bei einem Hämatokrit von 5 wieder an.

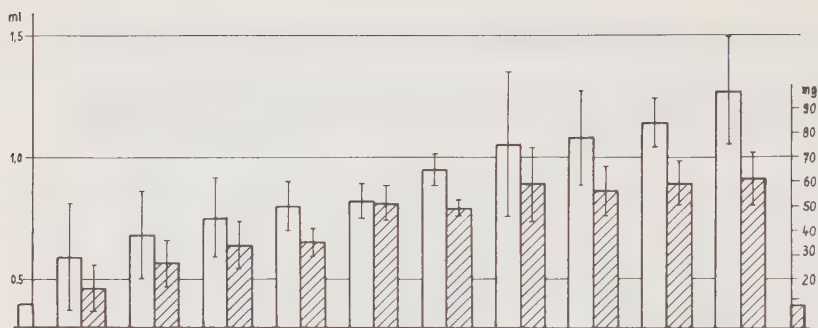


Abb. I, Hk 20

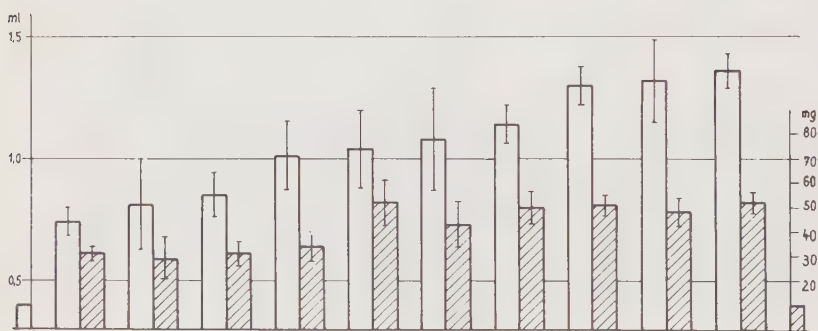


Abb. II, Hk 15

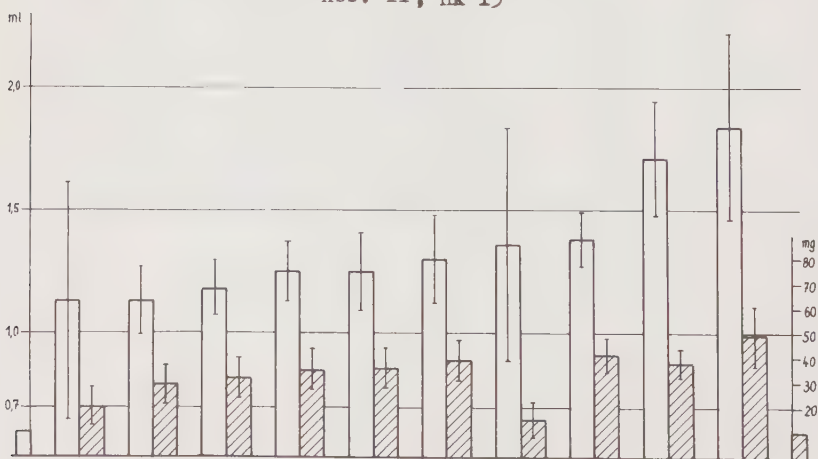


Abb. III, Hk 10

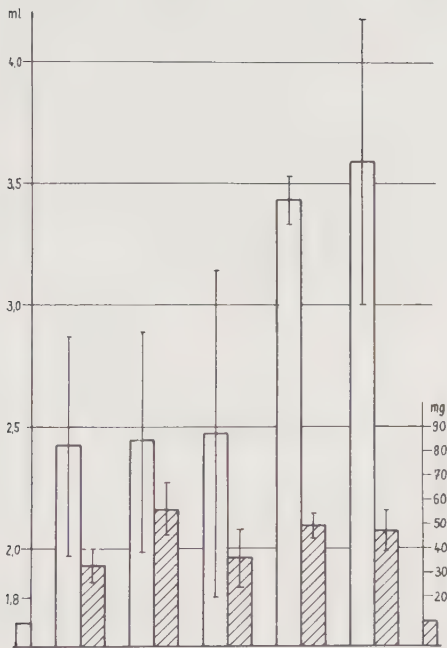


Abb. IV , H k 5

Abb. I - IV : Graphische Darstellung der
Filtratvolumina  und des Hb-gehaltes
im Filtrat  mit den Standardabweichungen bei einem Hk von 20, 15, 10, 5

Es wurde eine einfache Varianzanalyse für den Hämatokrit durchgeführt. (William C. Guenther: Analysis of Variance, Englewood cliffs N.J., Prentice Hall, IGN. 1964)

Einfache Varianzanalyse für Hämatokrit (4 Gruppen)

- Filtratvolumen -

	Summe der Abweichs- quadrate	Frei- heits- grade	Mittleres Abweichs- quadrat	F-Wert	Beur- tei- lung
Zwischen den Gruppen	14,27	3	4,76	$\frac{4,76}{0,09} = 52,9$	$p \leq 1\%$
Innerhalb der Gruppen	2,76	31	0,09		
Gesamt- varianz	17,03	34			

- Hb-gehalt im Filtrat -

Zwischen den Gruppen	27538,9	8	3442,3	$\frac{3442,3}{234,6} = 14,7$	$p \leq 1\%$
Innerhalb der Gruppen	14076,6	60	234,6		
Gesamt- varianz	41615,5	68			

Dabei ergab sich, daß sich die Filtratmengen bei den verschiedenen Hämatokritwerten statistisch significant unterschieden ($p < 1\%$). Ebenfalls sind bei den verschiedenen Hämatokritkonzentrationen die Hb-gehalte im Filtrat significant voneinander verschieden ($p < 1\%$).

Außerdem besteht eine deutliche Abhängigkeit des Hb-gehaltes im Filtrat von den Filtratvolumina bei den verschiedenen Suspensionskonzentrationen von 20%, 15%, 10% und 5%. Diese Abhängigkeit ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

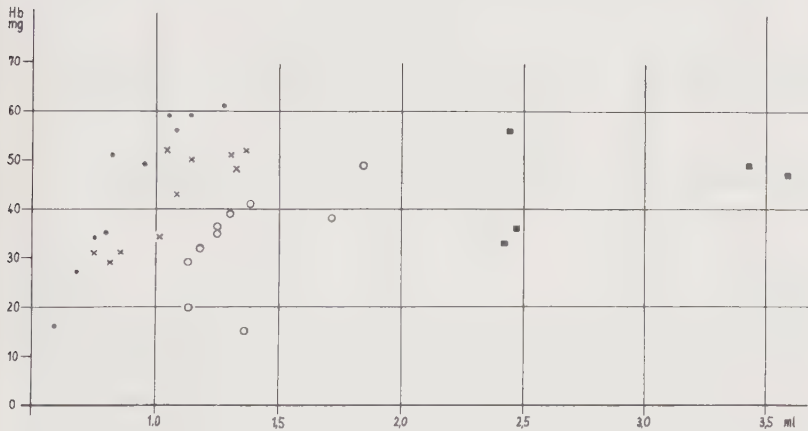


Abb. V

Hb-gehalt im Filtrat in Abhängigkeit von den Filtratvolumina bei verschiedenen Hk-werten: Hk 20 • , Hk 15 x , Hk 10 ○ , Hk 5 ■ .

Die gleiche Abhängigkeit besteht nicht nur bei den Mittelwerten der 5 Einzelversuche, sondern auch bei den Einzelwerten.

Abhängigkeit des Hb-gehaltes im Filtrat von dem
Filtratvolumen bei den Einzelwerten:

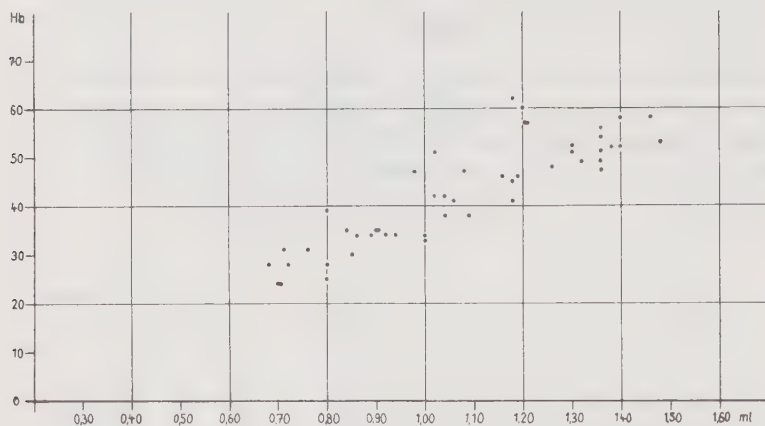


Abb. VI , Hk 20

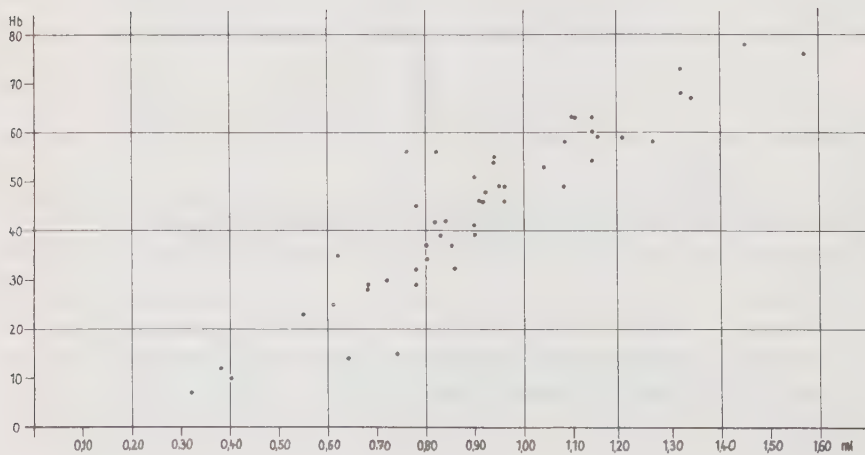


Abb. VII , Hk 15

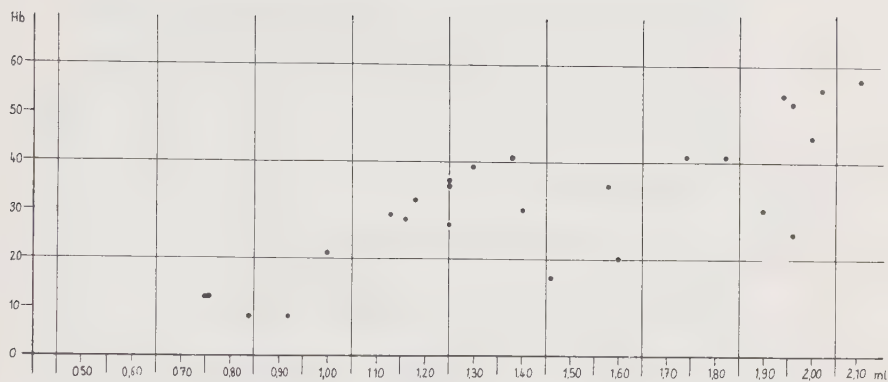


Abb. VIII , Hk 10

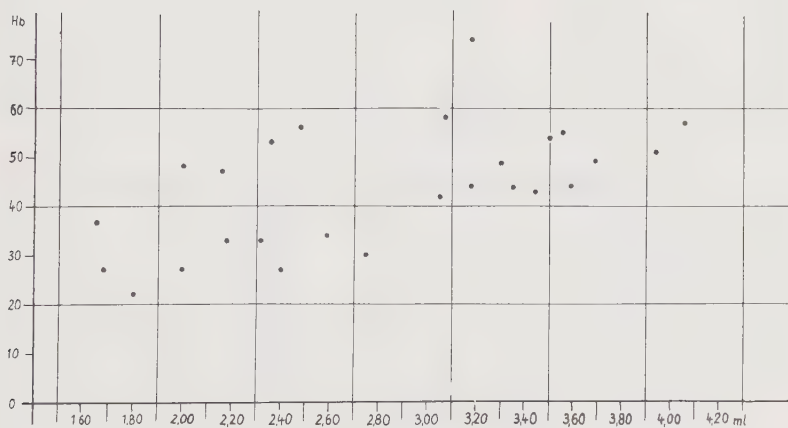


Abb. IX , Hk 5

ad 2) Abhängigkeit der Filtration von der Zeit

- a) Sofort nach der Abnahme wurde das Blut als 15%-ige Suspension gemischt und so bis zum Gebrauch kühl stehen gelassen.
- b) Erst bei Gebrauch wurde das Blut als 15%-ige Suspension gemischt.

ad a) Folgende Werte ergaben sich bei:

sofortiger Verwertung

$\bar{x}$ = Mittelwerte s = Standardabweichungen
 $s_{\bar{x}}$ = mittlere Fehler der Mittelwerte

<u>Filtratvolumen (ml)</u>			<u>Hb-gehalt im Filtrat (mg)</u>		
$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$
0,80	0,13	0,06	33	7,1	3,2
1,00	0,14	0,06	41	6,1	2,7
1,00	0,14	0,06	59	10,1	4,5
1,09	0,10	0,04	54	6,5	2,9
1,18	0,06	0,03	53	5,8	2,6

Tabelle 5

nach 2 1/2 Stunden

0,85	0,09	0,04	31	4,6	2,0
0,96	0,06	0,03	37	2,8	1,2
0,98	0,13	0,06	58	9,9	4,4
0,98	0,05	0,02	41	2,1	0,9
1,02	0,14	0,06	34	6,1	2,7

Tabelle 6

nach 4 Stunden

<u>Filtratvolumen (ml)</u>			<u>Hb-gehalt i. Filtrat (mg)</u>		
$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$
0,49	0,04	0,02	14	1,8	0,8
0,75	0,11	0,05	33	5,9	2,6
0,78	0,03	0,01	25	1,8	0,8
0,80	0,04	0,02	37	2,6	1,2
0,81	0,08	0,03	44	4,8	2,1

Tabelle 7

nach 5 1/2 Stunden

0,59	0,15	0,07	18	6,1	2,7
0,60	0,27	0,12	22	10,0	4,5
0,81	0,06	0,02	33	2,8	1,2
0,85	0,01	0,01	40	1,3	0,6
0,95	0,10	0,05	43	5,6	2,5

Tabelle 8

ad b) Folgende Werte ergaben sich bei:

sofortiger Mischung

<u>Filtratvolumen (ml)</u>			<u>Hb-gehalt i. Filtrat (mg)</u>		
$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$
1,04	0,05	0,02	40	1,9	0,9
1,32	0,17	0,07	48	6,0	2,7
1,36	0,05	0,02	62	3,3	1,5
1,40	0,05	0,02	57	2,7	1,2
1,48	0,03	0,01	68	3,1	1,4

Tabelle 9

nach 2 1/2 Stunden gemischt

<u>Filtratvolumen (ml)</u>			<u>Hb-gehalt im Filtrat (mg)</u>		
$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$
0,85	0,17	0,08	35	6,1	2,7
0,87	0,05	0,02	36	2,6	1,2
0,84	0,06	0,03	46	4,3	1,9
0,90	0,10	0,04	45	8,6	3,8
1,34	0,06	0,03	63	2,8	1,2

Tabelle 10

nach 4 Stunden gemischt

0,60	0,05	0,02	22	2,4	1,1
0,68	0,18	0,08	30	11,7	5,2
0,71	0,09	0,04	33	5,5	2,5
0,75	0,15	0,07	26	6,0	2,7
1,00	0,19	0,09	36	8,7	3,9

Tabelle 11

nach 5 1/2 Stunden gemischt

0,50	0,04	0,02	14	1,8	0,8
0,54	0,03	0,01	17	1,9	0,9
0,80	0,11	0,05	31	5,7	2,6
0,93	0,08	0,03	38	2,9	1,3
0,95	0,12	0,05	51	7,8	3,5

Tabelle 12

$\bar{x}$ = Mittelwerte s = Standardabweichungen
 $s_{\bar{x}}$ = mittlere Fehler der Mittelwerte

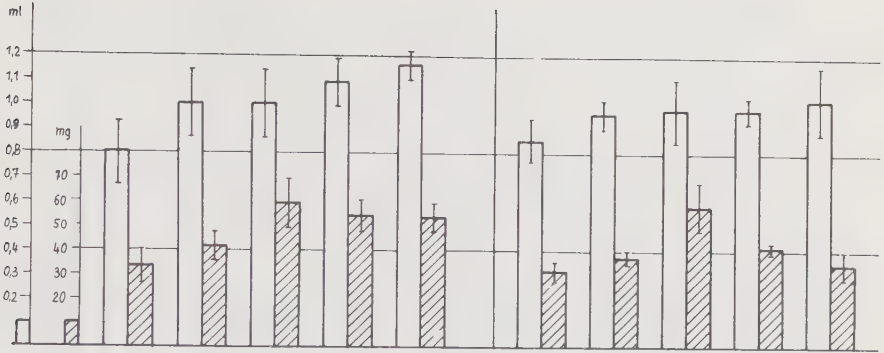


Abb. X

sofort verwertet

nach 2 1/2 Std. verwertet

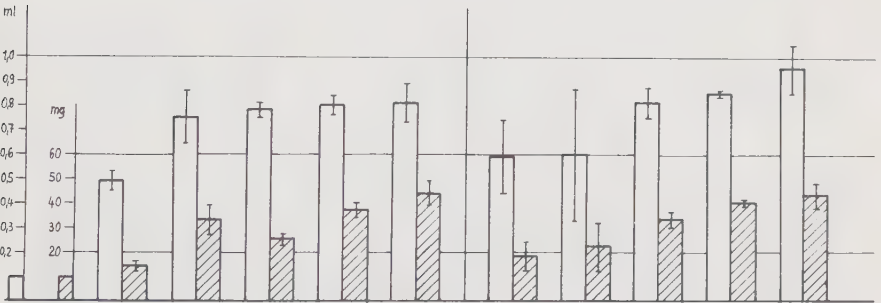
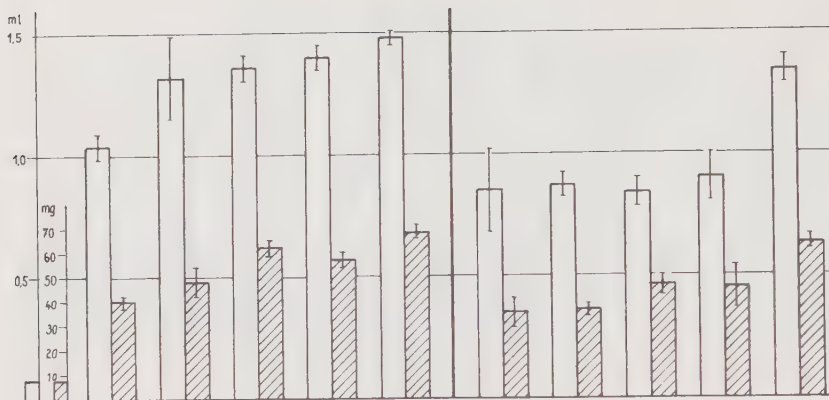


Abb. XI

nach 4 Std. verwertet

nach 5 1/2 Std. verwertet

Abb. X und XI : Graphische Darstellung der Filtratvolumina  und des Hb-gehaltes im Filtrat  bei a) sofortiger Mischung der Suspension



sofort gemischt

Abb. XII

nach 2 1/2 Std. gemischt

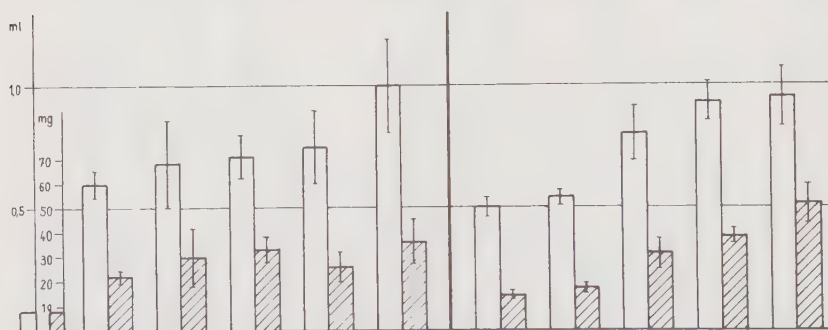


Abb. XIII

nach 4 Std. gemischt

nach 5 1/2 Std. gemischt

Abb. XII und XIII : Graphische Darstellung der Filtratvolumina  und des Hb-gehaltes im Filtrat  bei b) Mischung der Suspension erst bei Gebrauch

Es wurde eine dreifache Varianzanalyse ohne Wiederholungen gerechnet mit folgenden Faktoren:

A = vorher / bei Gebrauch gemischt

B = verschiedene Zeitpunkte (Levels 4)

C = Personen (Levels 5)

(William C. Guenther: Analysis of Variance, Englewood cliffs N.J., Prentice Hall, ICN. 1964)

Dreifache Varianzanalyse für die Filtratvolumina

B

			sofort	2 1/2h	4 h	5 1/2 h		
	a)	C)	1) 0,80 2) 1,00 3) 1,00 4) 1,09 5) 1,18	0,85 0,96 0,98 0,98 1,02	0,49 0,75 0,78 0,80 0,81	0,59 0,60 0,81 0,85 0,95	$s_{1.1}=2,73$ $s_{1.2}=3,31$ $s_{1.3}=3,57$ $s_{1.4}=3,72$ $s_{1.5}=3,96$	$\bar{x}_{1.1}=0,55$ $\bar{x}_{1.2}=0,66$ $\bar{x}_{1.3}=0,71$ $\bar{x}_{1.4}=0,74$ $\bar{x}_{1.5}=0,79$
A)			$s_{11.}=5,07$ $\bar{x}_{11.}=1,01$	$s_{12.}=4,79$ $\bar{x}_{12.}=0,96$	$s_{13.}=3,63$ $\bar{x}_{13.}=0,73$	$s_{14.}=3,80$ $\bar{x}_{14.}=0,76$	$s_{1..}=17,29$	$\bar{x}_{1..}=0,86$ $17,29:20$
	b)	C)	1) 1,04 2) 1,32 3) 1,36 4) 1,40 5) 1,48	0,85 0,87 0,84 0,90 1,34	0,60 0,68 0,71 0,75 1,00	0,50 0,54 0,80 0,93 0,95	$s_{2.1}=2,99$ $s_{2.2}=3,41$ $s_{2.3}=3,71$ $s_{2.4}=3,98$ $s_{2.5}=4,77$	$\bar{x}_{2.1}=0,60$ $\bar{x}_{2.2}=0,68$ $\bar{x}_{2.3}=0,74$ $\bar{x}_{2.4}=0,80$ $\bar{x}_{2.5}=0,95$
			$s_{21.}=6,60$ $\bar{x}_{21.}=1,32$	$s_{22.}=4,80$ $\bar{x}_{22.}=0,96$	$s_{23.}=3,74$ $\bar{x}_{23.}=0,75$	$s_{24.}=3,72$ $\bar{x}_{24.}=0,74$	$s_{2..}=18,86$	$\bar{x}_{2..}=0,94$
			$s_{.1.}=11,67$ $\bar{x}_{.1.}=1,17$	$s_{.2.}=9,59$ $\bar{x}_{.2.}=0,96$	$s_{.3.}=7,37$ $\bar{x}_{.3.}=0,74$	$s_{.4.}=7,52$ $\bar{x}_{.4.}=0,75$	$s_{...}=36,15$	

$s_{.11} = 1,84$	$s_{.21} = 1,70$	$s_{.31} = 1,09$	$s_{.41} = 1,09$	$s_{..1} = 5,72$	$\bar{x}_{..1} = 0,71$ 5,72:8
$s_{.12} = 2,32$	$s_{.22} = 1,83$	$s_{.32} = 1,43$	$s_{.42} = 1,14$	$s_{..2} = 6,72$	$\bar{x}_{..2} = 0,84$ 6,72:8
$s_{.13} = 2,36$	$s_{.23} = 1,82$	$s_{.33} = 1,49$	$s_{.43} = 1,61$	$s_{..3} = 7,28$	$\bar{x}_{..3} = 0,91$ 7,28:8
$s_{.14} = 2,49$	$s_{.24} = 1,88$	$s_{.34} = 1,55$	$s_{.44} = 1,78$	$s_{..4} = 7,70$	$\bar{x}_{..4} = 0,96$ 7,70:8
$s_{.15} = 2,66$	$s_{.25} = 2,36$	$s_{.35} = 1,81$	$s_{.45} = 1,90$	$s_{..5} = 8,73$	$\bar{x}_{..5} = 1,09$ 8,73:8

$$n = 40 \quad B:j = 1,4 \quad C:l = 1,5 \quad A:i = 1,2$$

$$SQT = \sum x_{ijl}^2 - \frac{s_{...}^2}{n} = 34,96 - 32,67 = \underline{2,29}$$

$$SQA = \frac{s_{1..}^2}{20^2} + \frac{s_{2..}^2}{20^2} - \frac{s_{...}^2}{n^2} = 32,73 - 32,67 = \underline{0,06}$$

$$SQB = \frac{s_{.1.}^2}{10} + \frac{s_{.2.}^2}{10} + \frac{s_{.3.}^2}{10} + \frac{s_{.4.}^2}{10} + \frac{s_{...}^2}{n} = 13,62 + 9,20 + 5,43 + 5,66 - 32,67 = \underline{1,23}$$

$$SQC = \frac{1}{8} (s_{..1}^2 + s_{..2}^2 + s_{..3}^2 + s_{..4}^2 + s_{..5}^2) - \frac{s_{...}^2}{n} = \frac{1}{8} (32,72 + 45,16 + 53,0 + 59,29 + 76,21) - 32,67 = \underline{0,63}$$

$$SQ_{AxB} = 1/5 (s_{11.}^2 + s_{12.}^2 + s_{13.}^2 + s_{14.}^2 + s_{21.}^2 + s_{22.}^2 + s_{23.}^2 + s_{24.}^2) - \frac{s_{...}^2}{40} - 0,06 - 1,23 = \frac{170,9}{5} - 33,96 = \underline{0,17}$$

$$SQ_{BxC} = 1/2 (s_{.11}^2 + \dots + s_{.45}^2) - 32,67 - 1,23 - 0,63 = 34,63 - 34,53 = \underline{0,10}$$

$$SQ_{AxC} = 1/4 (s_{1.1}^2 + \dots + s_{2.5}^2) - 32,67 - 0,06 - 0,63 = \underline{0,04}$$

$$SQ_{Rest} = 2,29 - 0,06 - 1,23 - 0,63 - 0,17 - 0,10 - 0,04 = 2,29 - 2,23 = \underline{0,06}$$

	SAQ	fg	MAQ	F	F _{neuer Rest}
sofort/ später A	0,06	1	0,06		$\frac{0,06}{0,007} = 8,4$ $p \leq 1\%$
zwischen d. Zeiten B	1,23	3	0,41		$\frac{0,41}{0,007} = 57,4$ $p \leq 1\%$
zwischen d. Personen C	0,63	4	0,16		$\frac{0,16}{0,007} = 22,4$ $p \leq 1\%$
Wechsel- wirkung AxB	0,17	3	0,06	$\frac{AxB}{Rest} =$ 12	
Wechsel- wirkung BxC	0,10	12	0,0083	$\frac{BxC}{Rest} =$ 1,66	
Wechsel- wirkung AxC	0,04	4	0,01	$\frac{AxC}{Rest} =$ 2	
Rest	0,06	12	0,005		
Total	2,29	39			

Die Wechselwirkung AxB ist significant (s. Abb. XIV), die Wechselwirkungen BxC und AxC sind nicht significant. Daher wurde auf folgende Weise ein neuer Rest bestimmt:

$SAQ_{\text{neuer Rest}} = SAQ_{BC} + SAQ_{AC} + SAQ_{\text{Rest}} = 0,20$. Die zugehörige Zahl an Freiheitsgraden beträgt $12 + 12 + 4 = 28$.
 $MAQ_{\text{neuer Rest}} = 0,0007$. Die Faktoren A, B und C waren getestet an diesem Rest - significant. Das besagt, daß ein Unterschied in den Filtratvolumina besteht zwischen der sofort gemischten und erst bei Gebrauch gemischten Suspension, zwischen den verschiedenen Zeiten und zwischen den Personen.

Wechselwirkung AxB

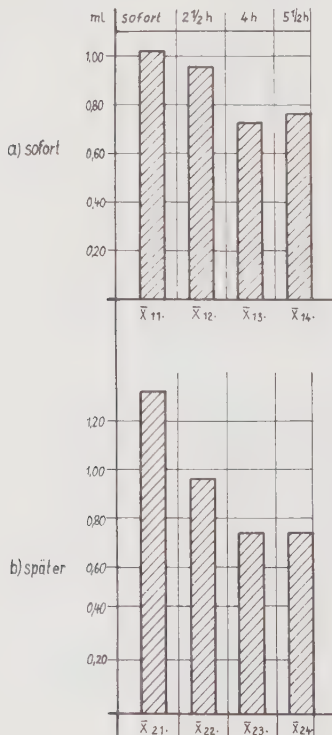


Abb. XIV

Dreifache Varianzanalyse für den Hb-gehalt im Filtrat

B

A			sofort	2 1/2h	4 h	5 1/2h		$s_{i..}^2$
			1)	33	31	14	18	$s_{1.1}=96$ 9216
			2)	41	37	33	22	$s_{1.2}=133$ 17689
			3)	59	58	25	33	$s_{1.3}=175$ 30625
			4)	54	41	37	40	$s_{1.4}=172$ 29584
			5)	53	34	44	43	$s_{1.5}=174$ 30276
				$s_{11.}=\frac{240}{2}$ 57600	$s_{12.}=\frac{201}{2}$ 40401	$s_{13.}=\frac{153}{2}$ 23409	$s_{14.}=\frac{156}{2}$ 24336	$s_{1..}=\frac{750}{5}$ $\bar{x}=37,5$
			1)	40	35	22	14	$s_{2.1}=111$ 12321
			2)	48	36	30	17	$s_{2.2}=131$ 17161
			3)	62	46	33	31	$s_{2.3}=172$ 29584
	b)		4)	57	45	26	38	$s_{2.4}=166$ 27556
			5)	68	63	36	51	$s_{2.5}=218$ 47524
				$s_{21.}=\frac{275}{2}$ 75625	$s_{22.}=\frac{225}{2}$ 50625	$s_{23.}=\frac{147}{2}$ 21609	$s_{24.}=\frac{151}{2}$ 22801	$s_{2..}=\frac{798}{4}$ $\bar{x}=39,4$
				$s_{.1.}=\frac{515}{2}$ 51,5	$s_{.2.}=\frac{426}{2}$ 42,6	$s_{.3.}=\frac{300}{2}$ 30,0	$s_{.4.}=\frac{307}{2}$ 30,7	$s_{...}=\frac{1548}{4}$
				$\bar{x}_{.1.}=\frac{51,5}{2}$ 25,75	$\bar{x}_{.2.}=\frac{42,6}{2}$ 21,3	$\bar{x}_{.3.}=\frac{30,0}{2}$ 15,0	$\bar{x}_{.4.}=\frac{30,7}{2}$ 15,35	
				$s_{1.1.}=\frac{265225}{2}$ 132612,5	$s_{1.2.}=\frac{181476}{2}$ 90738	$s_{1.3.}=\frac{90000}{2}$ 45000	$s_{1.4.}=\frac{94249}{2}$ 47124,5	
				$s_{2.1.}=\frac{12321}{2}$ 6160,5	$s_{2.2.}=\frac{17161}{2}$ 8580,5	$s_{2.3.}=\frac{29584}{2}$ 14792	$s_{2.4.}=\frac{27556}{2}$ 13778	
				$s_{3.1.}=\frac{29584}{2}$ 14792	$s_{3.2.}=\frac{27556}{2}$ 13778	$s_{3.3.}=\frac{17161}{2}$ 8580,5	$s_{3.4.}=\frac{12321}{2}$ 6160,5	
				$s_{4.1.}=\frac{27556}{2}$ 13778	$s_{4.2.}=\frac{14792}{2}$ 7396	$s_{4.3.}=\frac{8580,5}{2}$ 4290,25	$s_{4.4.}=\frac{6160,5}{2}$ 3080,25	
				$s_{5.1.}=\frac{47524}{2}$ 23762	$s_{5.2.}=\frac{13778}{2}$ 6889	$s_{5.3.}=\frac{4290,25}{2}$ 2145,125	$s_{5.4.}=\frac{3080,25}{2}$ 1540,125	

$s_{.11} = 73$	$s_{.21} = 66$	$s_{.31} = 36$	$s_{.41} = 32$	$s_{.01} = 207$ $\bar{x}_{.01} = 25,7$	42849
$s_{.12} = 89$	$s_{.22} = 73$	$s_{.32} = 63$	$s_{.42} = 39$	$s_{.02} = 264$ $\bar{x}_{.02} = 33,0$	69696
$s_{.13} = 121$	$s_{.23} = 104$	$s_{.33} = 58$	$s_{.43} = 64$	$s_{.03} = 347$ $\bar{x}_{.03} = 43,4$	120409
$s_{.14} = 111$	$s_{.24} = 86$	$s_{.34} = 63$	$s_{.44} = 78$	$s_{.04} = 338$ $\bar{x}_{.04} = 42,2$	114244
$s_{.15} = 121$	$s_{.25} = 97$	$s_{.35} = 80$	$s_{.45} = 94$	$s_{.05} = 392$ $\bar{x}_{.05} = 47,0$	153664

$$SQT = \sum x_{ijl}^2 - \frac{s_{.00}^2}{n} = 67256 - 59907,6 = \underline{7348,4}$$

$$SQA = 1/20 (s_{1.0}^2 + s_{2.0}^2) - \frac{s_{.00}^2}{n} = 59965,2 - 59907,6 = \underline{57,6}$$

$$SQB = 1/10 (s_{.10}^2 + s_{.20}^2 + s_{.30}^2 + s_{.40}^2) - 59907,6 = 63095,0 - 59907,6 = \underline{3187,4}$$

$$SQC = 1/8 (s_{.01}^2 + s_{.02}^2 + s_{.03}^2 + s_{.04}^2 + s_{.05}^2) - 59907,6 = 62607,75 - 59907,6 = \underline{2700,15}$$

$$SQ_{AxB} = 1/5 (s_{11.0}^2 + \dots + s_{14.0}^2 + s_{21.0}^2 + \dots + s_{24.0}^2) - 59907,6 - 57,6 - 3187,4 = 63281,2 - 63152,6 = \underline{128,6}$$

$$SQ_{BxC} = 1/2 (s_{.11}^2 + \dots + s_{.45}^2) - 59907,6 - 3187,4 - 2700,15 = 66359,0 - 65795,1 = \underline{563,9}$$

$$SQ_{AxC} = 1/4 (s_{1.1}^2 + \dots + s_{2.5}^2) - 59907,6 - 57,6 - 2700,15 = 62884,0 - 61665,35 = \underline{218,65}$$

$$Rest = 7348,4 - 6856,25 = \underline{492,15}$$

	SAQ	f	MAQ	F	F _{neuer Rest}
A	57,6	1	57,6		$\frac{57,6}{45,27} = 1,27 \quad p \geq 5\%$
B	3187,4	3	1062,47		$\frac{1062,47}{45,27} = 23,47 \quad p \leq 1\%$
C	2700,15	4	675,04		$\frac{675,04}{45,27} = 14,9 \quad p \leq 1\%$
AxB	128,6	3	42,87	$\frac{42,87}{41,01} = 1,05$	
BxC	563,85	12	46,98	$\frac{46,98}{41,01} = 1,15$	
AxC	218,65	4	54,66	$\frac{54,66}{41,01} = 1,33$	
Rest	492,15	12	41,01		

Die Wechselwirkungen AxB, BxC und AxC sind statistisch nicht significant.

Aus SAQ BxC, SAQ AxC, SAQ AxB, SAQ Rest und den dazugehörigen Freiheitsgraden wird ein neuer Rest gebildet:

$$MAQ_R = \frac{1403,25}{31} = 45,27 \quad \text{. Gegen diesen neuen Rest getestet}$$

sind B und C significant, A ist nicht significant. Das besagt, daß ein statistisch signifikanter Unterschied im Hb-gehalt besteht zwischen den verschiedenen Zeitpunkten und den einzelnen Versuchspersonen, dagegen findet sich kein Unterschied zwischen der sofort und erst bei Gebrauch (später) gemischten Suspension hinsichtlich des Hb-gehaltes im Filtrat.

ad 3a und 3b) Abhängigkeit der Filtration vom Glucosegehalt
des Antikoagulans

Die Suspension wird sofort nach der Abnahme 15%-ig gemischt
und sofort verwertet.

a) ACD - (Stabilisator-) Blut

<u>Filtratvolumen</u>			<u>Hb-gehalt im Filtrat</u>		
$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$
0,40	0,10	0,05	11	4,7	2,1
0,48	0,04	0,02	16	3,0	1,3
0,52	0,06	0,03	19	2,5	1,1
0,59	0,15	0,07	18	6,1	2,7
0,64	0,19	0,09	24	10,1	4,5
0,74	0,06	0,03	31	2,9	1,3
0,79	0,05	0,02	36	3,3	1,5
0,84	0,18	0,08	35	6,6	2,9
0,93	0,08	0,03	38	2,9	1,3
1,04	0,16	0,07	52	9,5	4,2

Tab. 13

b) Reines Citrat-Blut

0,46	0,05	0,02	15	2,8	1,2
0,48	0,02	0,01	16	1,1	0,5
0,50	0,09	0,04	20	5,1	2,3
0,57	0,19	0,08	23	11,8	5,3
0,62	0,22	0,10	30	5,4	2,4
0,74	0,12	0,05	33	6,4	2,9
0,81	0,08	0,03	44	4,8	2,1
0,90	0,10	0,04	45	8,6	3,8
0,94	0,13	0,06	51	8,3	3,7
0,98	0,13	0,06	58	9,9	4,4

Tab. 14

$\bar{x}$ = Mittelwerte s = Standardabweichungen der Mittelwerte
 $s_{\bar{x}}$ = mittlere Fehler der Mittelwerte

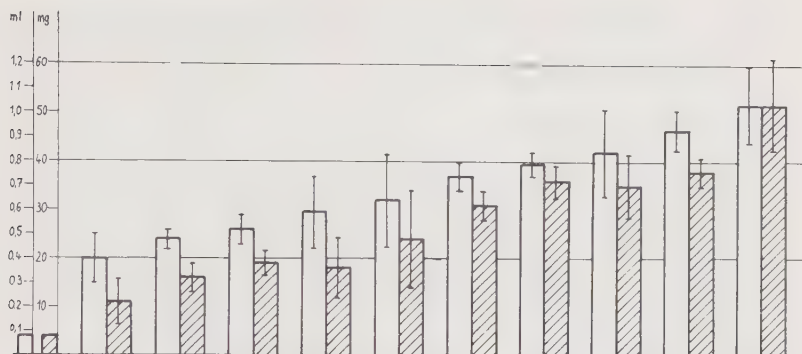


Abb. XV

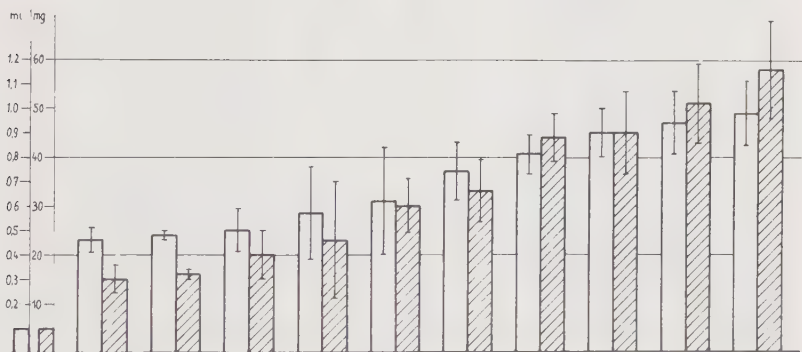


Abb. XVI

Abb. XV : Graphische Darstellung von Filtratvolumen  und Hb-gehalt im Filtrat  des ACD-Blutes

Abb. XVI: Graphische Darstellung von Filtratvolumen  und Hb-gehalt im Filtrat  des Citrat-Blutes

ad 4) Abhängigkeit der Filtration vom Energiestoffwechsel der Erythrocyten

a) Citrat - Vollblut

Citrat-Vollblut wird sofort, nach 1 Std. und nach 20 Std. filtriert. Gleichzeitig werden die Viskosität, das Bicarbonat, der Blutzucker und der Hämatokrit bestimmt.

Zeit	x	y	BZ	HCO ₃	VK	Hk
sofort	0,31	26	73	6,0	4,0	48
1 h	0,40	38	68	5,0	4,1	48
20 h	0,12	11	0	0,0	5,2	51
sofort	0,18	27	34	5,0	4,7	51
1 h	0,12	13	34	3,5	4,9	51
20 h	0,00	0	0	0,0	5,6	53
sofort	0,10	9	38	6,5	4,6	50
1 h	0,21	36	32	5,0	4,7	50
20 h	0,00	0	0	0,0	5,2	52
sofort	0,35	17	73	6,0	4,5	49
1 h	0,34	27	68	5,0	4,7	49
20 h	0,00	0	0	0,0	5,0	52

Tab. 15

x = Filtratvolumen y = Hb-gehalt im Filtrat

BZ = Blutzucker VK = Viskosität Hk = Hämatokrit

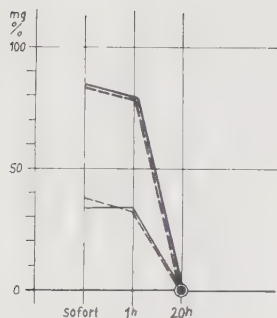


Abb. XVII

Darstellung des Blutzuckers in Abhängigk. von der Zeit (Vollblut)

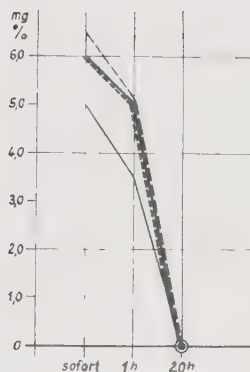


Abb. XVIII

Darstellung des HCO_3 in Abhängigkeit von der Zeit (Vollblut)

Blutzucker und Bicarbonat fallen in 20 Stunden annähernd auf Null ab. Ebenso nehmen die Filtratmenge und der Hb-gehalt im Filtrat vom Vollblut in 20 Stunden stark ab. Dagegen steigen der Hämatokrit und die Viskosität in 20 Stunden an.

b) ACD - Blut

Zeit	x	y	BZ	HCO ₃	VK	Hk
sofort	0,74	38	340	10,0	2,1	49
1 h	0,52	19	271	9,0	2,1	49
20 h	0,48	16	264	8,0	2,5	52
sofort	0,93	38	293	9,5	2,1	51
1 h	0,64	24	276	9,0	2,1	52
20 h	0,32	5	255	8,0	2,3	53
sofort	0,84	35	346	9,0	2,1	50
1 h	0,59	18	340	8,0	2,1	50
20 h	0,52	18	335	6,0	2,3	54
sofort	0,40	10	320	7,0	2,1	46
1 h	0,40	11	314	6,5	2,2	45
20 h	0,28	6	307	5,0	2,3	47
sofort	0,79	36	316	12,0	2,2	48
1 h	0,74	38	313	11,5	2,2	48
20 h	0,72	36	294	8,0	2,4	52

Tab. 16

x = Filtratvolumen

y = Hb-gehalt im Filtrat

BZ = Blutzucker

VK = Viskosität

Hk = Hämatokrit

HCO₃ = Bicarbonat

ad 5) Abhängigkeit der Filtration von der BSG

Auch hier wurde ACD-Blut verwendet. Von jedem BSG-Wert wurden 5 Einzelversuche durchgeführt, von denen wieder die Mittelwerte $\bar{x}$ errechnet wurden. Die Suspension wurde 15%-ig gemischt. Unter einer normalen BSG ist zu verstehen, wenn in der 1. Stunde 10 mm nicht überschritten werden.

a) Blut mit normaler BSG

BSG	$\bar{x}$	$\bar{y}$
1/2	1,32	48
2/3	1,14	50
2/4	1,08	43
2/4	1,04	52
2/4	0,80	35
2/4	0,74	31
3/8	0,86	32
4/15	0,93	38
5/12	0,81	29
5/15	0,85	31

Tab. 17

$\bar{x}$ = Mittelwerte der Filtratvolumina

$\bar{y}$ = Mittelwerte des Hb-gehaltes im Filtrat

Bei normaler BSG fallen die Filtratvolumina und der Hb-gehalt im Filtrat zu den höheren Werten der Senkung hin deutlich ab.

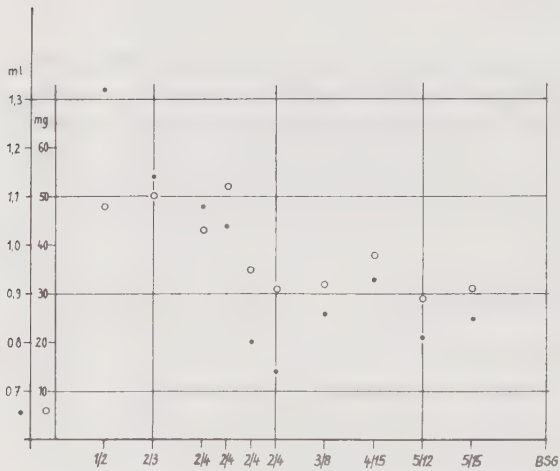


Abb. XIX

Graphische Darstellung der Filtratvolumina • und des Hb-gehaltes im Filtrat ○ bei verschieden hoher normaler BSG

ad b) pathologisch erhöhte BSG

$\bar{x}$ = Mittelwerte der Filtratvolumina (ml)

$\bar{y}$ = Mittelwerte des Hb-gehaltes im Filtrat (mg)

BSG	$\bar{x}$	$\bar{y}$
20/46	1,44	66
31/74	0,79	33
34/76	0,72	17
37/86	1,30	61
40/76	1,41	57
41/91	1,24	54

BSG	$\bar{x}$	$\bar{y}$
43/84	0,65	31
47/93	0,50	14
48/86	0,77	25
49/89	0,77	31
49/90	0,95	43
54/93	0,43	10
56/111	0,74	28
61/93	0,77	32
62/97	0,95	40
64/108	0,73	26
65/90	0,55	16
65/92	0,72	28
66/74	1,24	48
67/105	0,44	11
69/103	1,16	44
70/105	0,70	17
70/114	0,54	17
74/107	0,50	14
76/112	0,99	40
77/121	0,70	30
78/98	0,58	19
82/125	0,45	16
85/123	0,56	15
90/115	0,72	24
93/100	0,86	40
97/105	0,62	19
106/111	0,70	28
118/121	0,66	23
120/140	0,64	19

Tab. 18

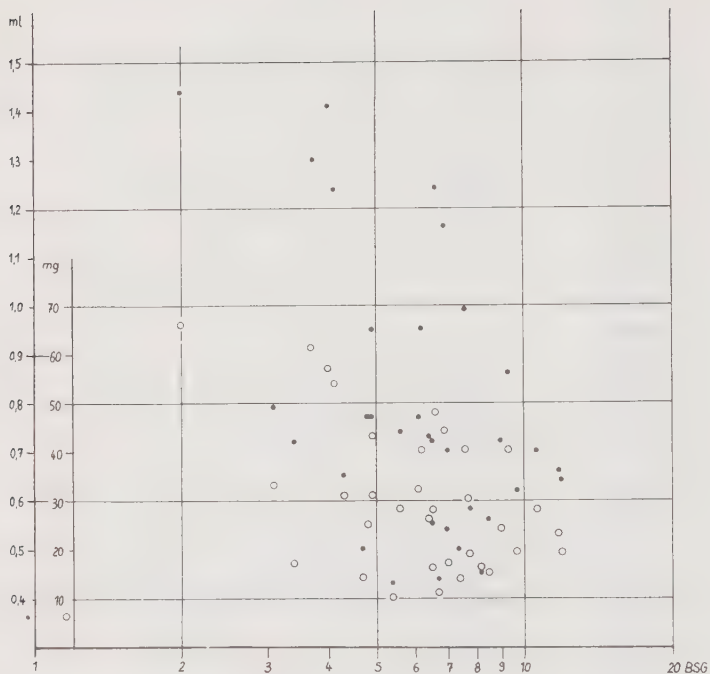


Abb. XX

Halblog. Darstellung der Filtratvolumina (ml) • und des Hb-gehaltes im Filtrat (mg) ○ bei pathologischer BSG

Statistisch wurde eine Regressions-Korrelationsrechnung zwischen dem Filtratvolumen (y) und der BSG (x) einerseits und zwischen dem Hb-gehalt im Filtrat (y) und der BSG (x) andererseits durchgeführt.

x	y	Korrelationskoeffizient r			Regressions- geradenglei- chung
		nicht signi- ficant	statist. auffäl- lig	stat. signi- ficant	
BSG	Filtrat- volumen			-0,43163 $p \leq 1\%$	-0,00501 x + 1,11585
	Hb-gehalt i. Filtrat			-0,43365 $p \leq 1\%$	-0,27054 x + 47,40942

Dabei ergab sich, daß die Werte für das Filtratvolumen und für den Hämoglobingehalt im Filtrat mit zunehmender BSG significant abnehmen.

ad 6) Abhängigkeit der Filtration von der Zusammensetzung der Serumeiweißkörper entsprechend der Elektrophorese i. Serum

a) Abhängigkeit der Filtration vom absoluten Gamma-Globulin-gehalt im Serum

Gamma-Glob.geh.	Filtratvol.	Hb-gehalt	BSG
(g%)	(ml)	(mg)	
0,46	0,43	14	34/68
0,59	0,86	40	93/100
0,69	0,70	28	106/111
0,84	0,72	24	90/115
0,88	0,62	19	97/105
0,89	0,45	16	82/125
0,91	0,50	14	47/93
0,94	0,55	16	65/90
0,97	0,56	15	85/123
1,01	1,30	61	37/86

<u>Gamma-Glob.geh.</u>	<u>Filtratvol.</u>	<u>Hb-gehalt</u>	<u>BSG</u>
1,09	1,44	66	20/46
1,14	0,72	17	34/76
1,16	0,74	28	56/111
1,21	0,58	19	78/98
1,23	0,54	17	70/114
1,36	0,64	19	120/140
1,36	0,77	25	48/86
1,40	0,44	11	67/105
1,48	0,77	32	61/93
1,54	1,16	44	69/103
1,67	0,50	14	74/107
1,87	1,24	48	66/74
1,94	0,79	33	31/74
2,00	0,70	30	77/121
2,02	0,72	28	65/92
2,03	0,73	26	64/108
2,16	0,70	17	70/105
2,34	1,30	60	80/126
2,52	1,82	82	63/105
2,57	1,41	57	40/76
2,86	1,24	54	41/91
3,13	0,77	31	49/89
4,70	0,95	40	62/97
4,92	0,66	23	118/121

Tab. 19

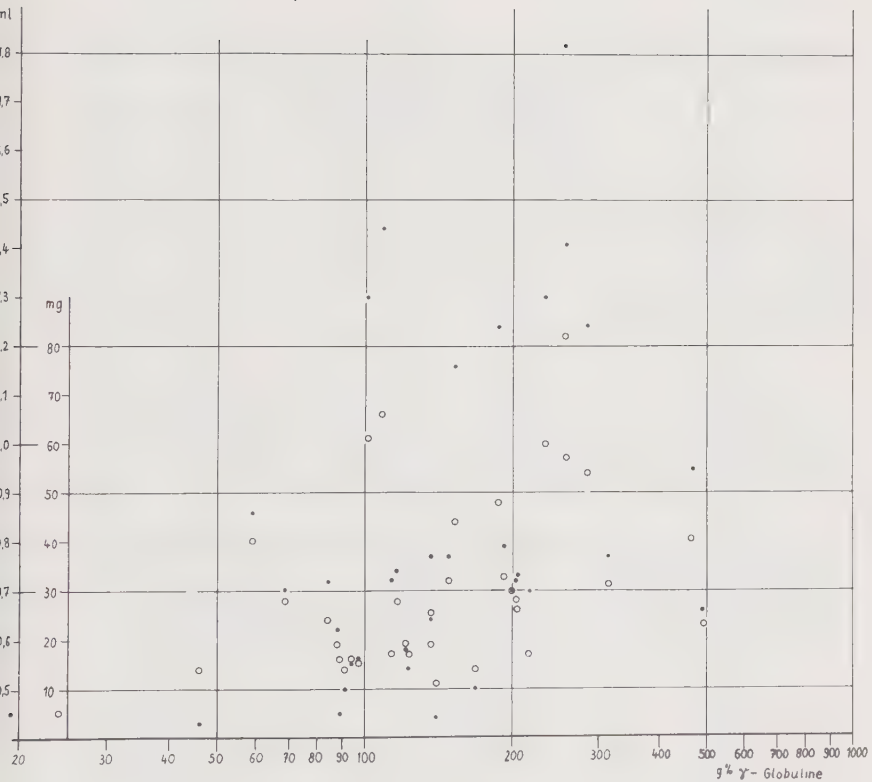


Abb. XXI

Halblog. Darstellung der Filtratvolumina (ml) • und des Hb-gehaltes
im Filtrat (mg) ○ in Abhängigkeit vom absoluten Gamma-Globulingehalt

Statistisch wurde eine Regressions-Korrelationsrechnung zwischen Filtratvolumina (y) und absolutem Gamma-Globulin-gehalt (x) einerseits und zwischen Hb-gehalt im Filtrat (y) und absolutem Gamma-Globulingehalt (x) andererseits durchgeführt.

x	y	Korrelationskoeffizient r			Regressions-geradengleichung
		nicht signi- ficant	statist. auffäl- lig	stat. signi- ficant	
absoluter Gamma - Glob.geh.	Filtrat- volumen	0,29419 p > 5%			0,0096 x + 0,65948
	Hb-gehalt i. Filtrat	0,28448 p > 5%			0,04941 x + 22,9963

Dabei ergab sich, daß die Werte für die Filtratvolumina und für den Hb-gehalt im Filtrat mit zunehmendem absoluten Gamma-Globulingehalt im Serum nicht significant abnahmen.

b) Abhängigkeit der Filtration vom absoluten Alpha-Globulin-gehalt im Serum

Alpha-Glob.geh. (g%)	Filtratvol. (ml)	Hb-gehalt (mg)	BSG
0,65	1,30	61	37/86
0,68	0,77	31	49/89
0,84	0,86	40	93/100
0,87	1,30	60	80/126
0,88	1,82	82	63/105
0,97	0,56	15	85/123
1,03	0,95	40	62/97
1,04	0,70	30	77/121
1,15	0,79	33	31/74

<u>Alpha-Globu-</u> <u>lin-geh. (g%)</u>	<u>Filtratvol.</u> <u>(ml)</u>	<u>Hb-gehalt</u> <u>(mg)</u>	<u>BSG</u>
1,16	1,44	66	20/46
1,17	0,44	11	67/105
1,17	0,77	25	48/86
1,18	0,66	23	118/121
1,22	0,72	28	65/92
1,24	0,64	19	120/140
1,25	0,50	15	34/68
1,29	0,72	17	34/76
1,32	0,55	16	65/90
1,33	0,77	32	61/93
1,36	0,74	28	56/111
1,37	0,50	14	47/93
1,37	0,72	24	90/105
1,40	0,73	26	64/108
1,46	0,70	28	106/111
1,52	0,70	17	70/105
1,52	0,50	14	74/107
1,56	0,54	17	70/114
1,67	0,58	19	78/98
1,70	0,45	16	82/125
1,73	1,24	54	41/91
1,76	0,62	19	97/105
1,80	1,24	48	66/74
1,81	1,16	44	69/103

Tab. 20

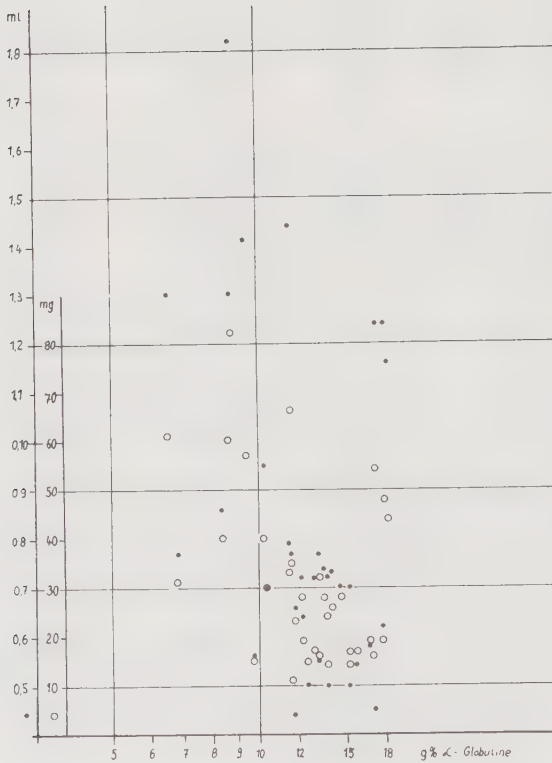


Abb. XXII

Halblog. Darstellung der Filtratvolumina (ml) •
und des Hb-gehaltes im Filtrat (mg) ○ abhängig
vom absoluten Alpha-Globulingehalt

Statistisch wurde eine Regressions-Korrelationsrechnung zwischen Filtratvolumina (y) und absolutem Alpha-Globulingehalt (x) einerseits und zwischen Hb-gehalt im Filtrat (y) und absolutem Alpha-Globulingehalt (x) andererseits gerechnet.

x	y	Korrelationskoeffizient r			Regressionsgeradengleichung
		nicht signi- ficant	statist. auffäl- lig	statist. signi- ficant	
absoluter Alpha - Glob.geh.	Filtrat- volumen	-0,2948 $p > 5\%$			-0,00315 x + 1,22903
	Hb-geh. i. Filtrat		-0,36119 $1\% < p \leq 5\%$		-0,20528 x + 57,6653

Dabei fand sich, daß die Werte für die Filtratvolumina mit zunehmendem absoluten Alpha-Globulingehalt im Serum nicht significant abnahmen, die Werte für den Hb-gehalt im Filtrat jedoch statistisch auffällig waren.

b₁) Abhängigkeit der Filtration vom absoluten Alpha₁-Globulingehalt im Serum

<u>Alpha₁-Glo- bulingehalt</u>	<u>Filtratvol.</u>	<u>Hb-gehalt</u>	<u>BSG</u>
0,17 g%	0,86 ml	40 mg	93/100
0,22 "	1,30 "	61 "	37/86
0,23 "	0,44 "	11 "	67/105
0,26 "	0,56 "	15 "	85/123
0,27 "	0,50 "	15 "	34/68
0,27 "	1,82 "	82 "	63/105

<u>Alpha₁-globulingehalt</u>	<u>Filtratvol.</u>	<u>Hb-gehalt</u>	<u>BSG</u>
0,31 g%	0,64 ml	19 mg	120/140
0,31 "	0,55 "	16 "	65/90
0,32 "	0,66 "	23 "	118/121
0,33 "	0,50 "	14 "	47/93
0,33 "	0,72 "	24 "	90/115
0,34 "	1,30 "	60 "	80/126
0,34 "	0,77 "	31 "	43/89
0,36 "	0,72 "	28 "	65/92
0,36 "	0,79 "	33 "	31/74
0,38 "	0,95 "	40 "	62/97
0,39 "	0,70 "	28 "	106/111
0,39 "	1,41 "	57 "	40/76
0,40 "	0,70 "	30 "	77/121
0,41 "	1,44 "	66 "	20/46
0,41 "	0,74 "	28 "	56/111
0,41 "	1,24 "	54 "	41/91
0,44 "	0,45 "	16 "	82/125
0,44 "	0,77 "	32 "	61/93
0,46 "	0,72 "	17 "	34/76
0,47 "	0,58 "	19 "	78/98
0,48 "	0,70 "	17 "	70/105
0,52 "	0,77 "	25 "	48/86
0,52 "	0,54 "	17 "	70/114
0,53 "	0,50 "	14 "	74/107
0,55 "	0,73 "	26 "	64/103
0,55 "	0,62 "	19 "	97/105
0,58 "	1,24 "	48 "	66/74
0,60 "	1,16 "	44 "	63/103

Tab. 21

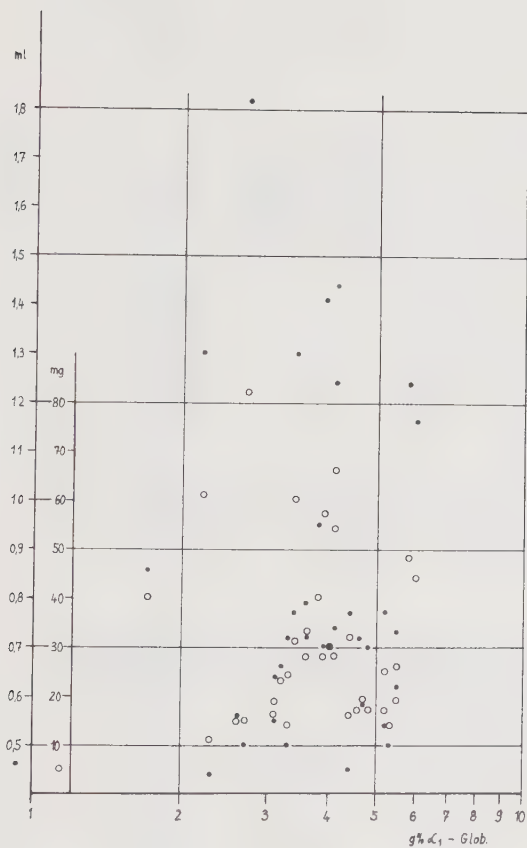


Abb. XXIII

Halblog. Darstellung der Filtratvolumina (ml) •
und des Hb-gehaltes im Filtrat (mg) ○ abhängig
vom absoluten α_1 -Globulingehalt

Statistisch wurde eine Regressions-Korrelationsrechnung zwischen Filtratvolumina (y) und absolutem Alpha₁-Globulingehalt (x) einerseits und dem Hb-gehalt im Filtrat (y) und absolutem Alpha₁-Globulingehalt (x) andererseits gerechnet.

x	y	Korrelationskoeffizient r			Regressionsgeradengleichung
		nicht signi- ficant	statist. auffäl- lig	Stat. signi- ficant	
Absoluter Alpha ₁ - Glob.geh.	Filtratvolumen	-0,04388 p > 5 %			-0,00127 x + 0,8756
	Hb-geh. i. Filtr.	-0,13266 p > 5 %			-0,20419 x + 39,384

Dabei ergab sich, daß die Werte für die Filtratvolumina und für den Hb-gehalt im Filtrat mit zunehmendem absoluten Alpha₁-Globulingehalt im Serum statistisch nicht significant abnehmen.

b₂) Abhängigkeit der Filtration vom absoluten Alpha₂-Globulingehalt im Serum

<u>Alpha₂-Globulingehalt (g%)</u>	<u>Filtratvol. (ml)</u>	<u>Hb-gehalt (mg)</u>	<u>BSG</u>
0,34	0,77	31	49/89
0,43	1,30	61	37/86
0,54	1,30	60	80/126
0,55	1,41	57	40/76
0,61	1,82	82	63/105
0,64	0,70	30	77/121

<u>Alpha₂-Globu- lingehalt (g%)</u>	<u>Filtratvol. (ml)</u>	<u>Hb-gehalt (mg)</u>	<u>BSG</u>
0,65	0,77	25	48/86
0,66	0,95	40	62/97
0,71	0,56	15	85/123
0,75	1,44	66	20/46
0,77	0,86	40	93/100
0,79	0,79	33	31/74
0,84	0,72	17	34/76
0,86	0,66	23	118/121
0,86	0,73	26	64/108
0,86	0,72	28	65/92
0,89	0,77	32	61/93
0,93	0,64	19	120/140
0,94	0,44	11	67/105
0,95	0,74	28	56/111
0,99	0,50	14	74/107
0,99	0,50	15	34/68
1,01	0,55	16	65/90
1,04	0,72	24	90/115
1,04	0,70	17	70/105
1,04	0,50	14	47/93
1,04	0,54	17	70/114
1,07	0,70	28	106/111
1,21	1,16	44	69/103
1,21	0,58	19	78/98
1,21	0,62	19	97/105
1,22	1,24	48	66/74
1,26	0,45	16	82/125
1,33	1,24	54	41/91

Tab. 22

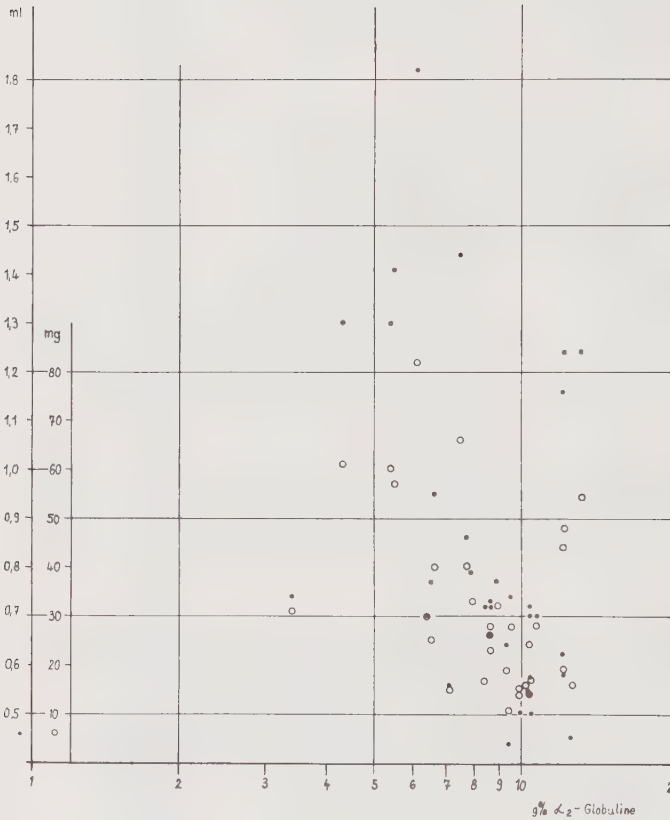


Abb. XXIV

Halblog. Darstellung der Filtratvolumina (ml) • und des Hb-gehaltes im Filtrat (mg) ○ abhängig vom absoluten α_2 -Globulingehalt

Regressions-Korrelationsrechnung zwischen Filtratvolumen (y) und Hb-gehalt im Filtrat (y) einerseits und absolutem Alpha₂-Globulingehalt (x) im Serum andererseits:

x	y	Korrelationskoeffizient r			Regressions- geradengleichung
		nicht signi- ficant	stat. signi- ficant	statist. auffällig	
Absoluter Alpha ₂ - Glob.geh.	Filtrat- volumen			-0,35682 1% < p ≤ 5%	-0,00488 x + 1,26049
	Hb-gehalt i. Filtrat			-0,39985 1% < p ≤ 5%	-0,29104 x + 57,29969

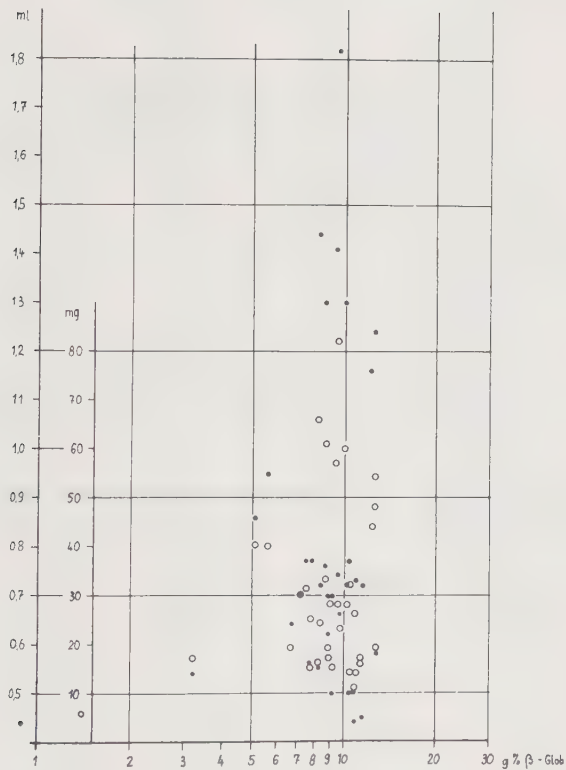
Dabei ergab sich, daß die Werte für die Filtratvolumina und für den Hb-gehalt im Filtrat mit zunehmendem Alpha₂-Globulingehalt im Serum statistisch auffällig abnehmen.

c) Abhängigkeit der Filtration vom absoluten Beta-Globulingehalt im Serum

<u>Beta-Globu- lingehalt(g%)</u>	<u>Filtratvol. (ml)</u>	<u>Hb-gehalt (mg)</u>	<u>PSG</u>
0,32	0,54	17	70/114
0,52	0,86	40	93/100
0,56	0,95	40	62/97
0,68	0,64	19	120/140
0,72	0,70	30	77/121
0,75	0,77	31	49/89
0,73	0,77	25	48/86
0,78	0,56	15	85/123
0,82	1,44	66	20/46

<u>Beta -Globu-</u> <u>lingehalt(g%)</u>	<u>Filtratvol.</u> <u>(ml)</u>	<u>Hb-gehalt</u> <u>(mg)</u>	<u>BSG</u>
0,82	0,55	16	66/90
0,84	0,72	24	90/115
0,86	1,30	61	37/86
0,86	0,76	33	31/74
0,88	0,70	17	70/105
0,88	0,62	19	97/105
0,90	0,70	28	106/111
0,91	0,50	15	34/68
0,94	1,41	57	40/76
0,95	0,74	28	56/111
0,95	1,82	82	63/105
0,96	0,66	23	118/121
1,00	1,30	60	80/126
1,01	0,72	28	65/92
1,04	0,77	32	61/93
1,04	0,50	14	47/93
1,06	0,50	14	74/107
1,09	0,44	11	67/105
1,09	0,73	26	64/108
1,14	0,72	17	34/76
1,14	0,45	16	82/125
1,21	1,16	44	69/103
1,22	1,24	54	41/91
1,22	1,24	48	66/74
1,27	0,58	19	78/98

Tab. 23



die durchgeführte Regressions-Korrelationsrechnung zwischen den Filtratvolumina und dem Hb-gehalt im Filtrat (y) einerseits und dem absoluten Beta-Globulingehalt (x) im Serum andererseits ergab folgendes Ergebnis:

x	y	Korrelationskoeffizient r			Regressions- geradenglei- chung
		nicht signi- ficant	statist. auffäl- lig	statist. signifi- cant	
Absoluter Beta-Glo- bulingeh.	Filtrat- volumen	-0,09728 p > 5 %			0,00154 x + 0,68266
	Hb-geh. i. Filtrat	-0,0422 p > 5%			0,03569 x + 28,15

Filtratvolumen und Hb-gehalt im Filtrat nahmen mit abnehmendem absoluten Beta-Globulingehalt nicht significant ab.

d) Abhängigkeit der Filtration vom absoluten Albumin -
Gehalt im Serum

<u>Albumin-Gehalt</u>	<u>Filtratvol.</u>	<u>Hb-gehalt</u>	<u>BSG</u>
<u>(g%)</u>	<u>(ml)</u>	<u>(mg)</u>	
0,80	0,86	40	93/100
1,18	0,50	15	34/68
1,25	0,70	28	106/111
1,98	0,62	19	97/105
2,14	1,16	44	69/103
2,24	0,77	31	49/89
2,30	1,24	48	66/74
2,45	1,82	82	63/105
2,48	1,30	60	80/126
2,55	0,58	19	78/98

<u>Albumingehalt</u> (g%)	<u>Filtratvol.</u> (ml)	<u>Hb-gehalt</u> (mg)	<u>BSG</u>
2,73	0,54	17	70/114
2,91	0,64	19	120/140
2,95	0,72	28	65/92
3,10	0,95	40	62/97
3,18	0,50	14	47/93
3,18	0,77	25	48/86
3,21	0,55	16	65/90
3,24	0,79	33	31/74
3,28	0,73	26	64/108
3,33	0,74	28	56/111
3,34	0,50	14	74/107
3,35	1,41	57	40/76
3,44	0,70	17	70/105
3,44	0,72	24	90/115
3,54	0,77	32	61/93
3,63	0,45	16	82/125
3,64	0,66	23	118/121
3,74	1,44	66	20/46
3,77	0,56	15	85/123
3,96	1,30	61	37/86
4,03	0,72	17	34/76
4,06	0,44	11	67/105
4,24	0,70	30	77/121
4,39	1,24	54	41/91

Tab. 24

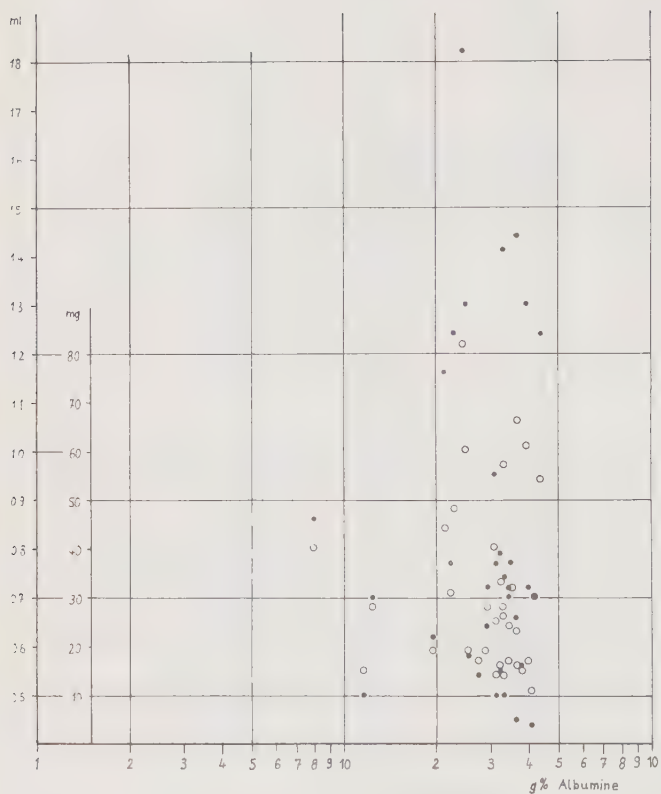


Abb. XXVI

Halblog. Darstellung der Filtratvolumina (ml) • und des Hb-gehaltes im Filtrat (mg) ○ abhängig vom absoluten Albumingehalt

Bei der durchgeführten Regressions-korrelationsrechnung zwischen Filtratvolumina und Hb-gehalt im Filtrat (y) einerseits und absolutem Albumingehalt im Serum (x) andererseits ergaben sich folgende Ergebnisse:

x	y	Korrelationskoeffizient r			Regressions- geradenglei- chung
		nicht signi- ficant	statist. auffäl- lig	statist. signi- ficant	
Absoluter Albumin- Gehalt	Filtrat- volumen	-0,01268 p > 5%			-0,00004 x + 0,84115
	Hb-gehalt i. Filtrat	-0,03957 p > 5%			-0,00818 x + 33,9229

Filtratvolumen und Hb-gehalt im Filtrat nahmen mit ab- oder zunehmendem absoluten Albumin-Gehalt im Serum nicht signi-
ficant ab.

Diskussion

1) Methodischer Vergleich

Im Gegensatz zu Teitel (10), der in seinen Versuchen die Filtrationsglastrichter mit einfachen gefalteten Papier-Rundfiltern auslegte, verwendete Jandl (8) Spezialfilter, sog. Millipore-Membran-Filter. Diese lassen aufgrund ihrer feineren Struktur exaktere Meßergebnisse zu. Außerdem bediente sich Jandl der Saugfiltration.

Es schien vorteilhafter, ohne ein negatives Drucksystem zu arbeiten, da der künstlich erzeugte Sog unphysiologisch ist. Bei der Passage durch die Milz stehen die Erythrocyten ebenfalls nicht unter einer Sogeinwirkung. Außerdem könnten die roten Blutkörperchen durch diesen Sog geschädigt werden und somit erhöhte Filtrationswerte resultieren.

Die einzige Kraft, die die roten Blutkörperchen zum Durchlaufen bringen soll, ist das Eigengewicht der Blutsäule, das sich während der Filtration auf dem Filterpapier ständig vermindert (10), man spricht vom Spontanfiltrationsdruck.

Auch hier gewährten - wie bei Jandl - Spezialfilter wesentlich exaktere Untersuchungsergebnisse als einfache Papierfaserfilter. Der Vorteil von Membranfiltern ist in der größeren Konstanz der Filterporen zu sehen. In Vorversuchen, die mit Papierfaserfiltern durchgeführt wurden, lag die Streuung der Filtrationswerte so hoch, daß sie gleich am Anfang der Versuche verworfen wurden und weiterhin nur noch mit Spezialfiltern, wie oben angegeben, gearbeitet wurde.

Die zu filtrierende Menge wurde auf 5 ml festgelegt, da bei geringeren Mengen, z.B. 2 ml, der Durchsatz zu gering

war und zu oft gar nichts filtriert wurde.

2) Abhängigkeit vom Hämatokrit

Es zeigte sich, daß die Filtratmengen bei den verschiedenen Hämatokritkonzentrationen von 20 über 15 und 10 zu 5 statistisch significant zunahmen und der Hb-gehalt im Filtrat significant abnahm. Je weniger corpusculäre Elemente in der Suspension enthalten sind um so größer ist das Filtratvolumen und um so geringer ist der Hb-gehalt im Filtrat (s. Abb. I-IV). Diese Abhängigkeit fand sich nicht nur bei den Mittelwerten der 5 Einzelversuche, sondern auch bei den Einzelversuchen (s. Abb. VI-IX). Dabei wird der eigentliche Filtrationseffekt, d.h. die Trennung der roten Blutkörperchen vom Plasma durch die Filtration zwar vorgefunden, aber nur gering: Die Hämoglobinkonzentration im Filtrat lag immer nur wenig unter der des vorgegebenen Blutansatzes (s. Tab. 1-4). Sank das Filtratvolumen aber sehr stark ab, (z.B. bei Filtration von Vollblut) wurde die Trennung der Erythrocyten vom Plasma deutlicher: Die Erythrocytenkonzentration kann bis zu 50% unter den Ausgangswert sinken. Niemals wurde beobachtet, daß das Suspensionsmedium den Filter ohne Erythrocyten passiert. Es gilt das Gesetz: Sind die Erythrocyten nicht filtrabel, findet gar keine Filtration statt - Tab. 15 - .

Als Ergebnis dieser Feststellungen wurde in den weiteren Versuchen nur noch das Filtratvolumen und der Hb-gehalt im Filtrat berücksichtigt, weil eine nahezu konstante Erythrocyten-konzentrations-korrelation zwischen dem vorgegebenen Blutansatz und dem Filtrat besteht.

Grundsätzlich kann man bei jedem Hk filtrieren, nur liegen die Filtratvolumina bei Vollblut, d.h. bei normalem unverdünnten Blut, unter 0,5 ml, wodurch Meßfehler bei den Volumenbestimmungen relativ groß werden.

Die Proben mit verschiedenen Hk-konzentrationen von 5,10,15

und 20 zeigten bei einem Hk von 15 die geringste Streuung. Deshalb erschien es am günstigsten, allen weiteren Untersuchungen die 15%-ige Suspension zugrunde zu legen. Bei 20%-igen Suspensionen fand sich außerdem oft kein hinreichender Durchsatz, der technisch entsprechend schwer zu bestimmen ist.

3) Abhängigkeit von der Zeit

Weiter konnte gezeigt werden, daß eine Significanz in den Filtratmengen bei den am Anfang einer Versuchsreihe und bei den erst bei Gebrauch gemischten Suspensionen dahingehend bestand, daß die Filtratmengen bei den erst bei Gebrauch gemischten Suspensionen größer waren und die Standardabweichungen niedriger lagen als bei den am Anfang einer Versuchsreihe gemischten Suspensionen (Tab. 5-12 und Abb. X-XIII). Außerdem nahmen bei beiden Versuchsreihen die Filtratmengen mit zunehmendem Zeitabstand zwischen Blutpräparation und eigentlicher Filtration signifikant ab.

Daraus folgt, daß die Zeitpunkte zwischen dem Mischen und dem Filtrieren konstant gehalten werden müssen; am besten ist es, sofort nach dem Mischen zu filtrieren und das Blut oder die Suspension nicht lange vor der Filtration aufzubewahren. Die größten Durchsätze und die geringsten Streuungen werden erhalten, wenn das Blut sofort nach der Abnahme vom Patienten verbraucht wird. Sollen Vergleichsuntersuchungen durchgeführt werden, sollte doch die Zeit zwischen Blutabnahme und Filtration wenigstens konstant gehalten werden.

4) Abhängigkeit vom Antikoagulans

Ein statistischer Vergleich zwischen dem Filtrationsverhalten von Stabilisator-Blut und Citratblut war nicht möglich, da das ACD-Blut von anderen Spendern stammte als das Citratblut. Nimmt man dennoch einen Zahlenvergleich vor, so ergibt sich überschlagsmäßig kein Unterschied im Filtratvolumen und Hb-gehalt zwischen den beiden Blutarten.

5) Abhängigkeit vom Erythrocytenstoffwechsel

Die Beobachtung, daß bei Citrat-Vollblut die Filtrationswerte binnen 20 Stunden annähernd auf Null abfallen, steht möglicherweise mit dem zunehmenden Glucoseverbrauch im Ansatz im Zusammenhang, der durch den Blutzuckerabfall in 20 Stunden aufgezeigt wird (Tab. 15). Da über die Zeit von 20 Stunden zu wenig Glucose für den Energiestoffwechsel der roten Blutkörperchen zur Verfügung steht, vermehrt Lactat gebildet wird, das HCO_3^- im Blut verbraucht ist und das pH abfällt, verringert sich offenbar die Plastizität der Erythrocyten, die sich sphärisch umwandeln. Der Sphärocytosebildung entsprechend steigen Hämatokrit und relative Viskosität der Blutproben an (Tab. 15). Die Sphärocyten werden dann vom Filter zurückgehalten und verstopfen die Poren, so daß auch normale Erythrocyten im Ansatz zurückgehalten werden (8).

Als Parallelversuch wurde ACD-Blut untersucht, wobei der HK und die Viskosität nach 20 Stunden trotz ausreichend vorhandener Glucose zwar ebenfalls anstiegen, die Filtration aber nur wenig zurückging (Tab. 16). Daraus kann geschlossen werden, daß trotz Zunahme der Erythrocytengröße die Filtrierfähigkeit der roten Blutkörperchen erhalten bleiben kann, wenn ihre Flexibilität intakt bleibt. Diese scheint u.a. eine energieabhängige Erythrocytenfunktion darzustellen (6), die mit der benutzten Filtrationsmethode spezifisch erfaßt wird. Mit der Methode wird also eine

Eigenschaft der roten Blutkörperchen geprüft, die bisher in vitro nicht getestet werden konnte.

Deshalb wäre bei allen Erkrankungen, bei denen der Verdacht einer Plastizitätsänderung der Erythrocyten besteht, z.B. bei hämolytischen Anämieformen, bei mit Antigenen sensibilisierten Erythrocyten (8,10) oder bei Glucosestoffwechselstörungen der roten Blutkörperchen, die Filtration einer Blutprobe der Patienten als Routineuntersuchung zu empfehlen, wobei eventuell Filtrationen nach mehrstündiger Inkubation deutlichere Ergebnisse liefern könnten.

6) Abhängigkeit von der BSG und den Serumeiweißkörpern

Wie bei den Untersuchungen von Patientenblut mit einer pathologisch erhöhten BSG gezeigt werden konnte, nahmen sowohl das Filtratvolumen als auch der Hb-gehalt im Filtrat mit zunehmender BSG significant ab. (Abb. XX)

Diese erste kliniknahe Anwendung der Filtrationsmethode warf die Frage auf, ob dysproteinämische Milieueinflüsse die Flexibilität der Erythrocyten beeinträchtigen.

Müller und Gramlich (9) wiesen darauf hin, daß die Plasmaproteine einen innigen adsorptiven Kontakt zur Erythrocytenoberfläche unterhalten, wobei Präalbumin, Gammaglobulin und Lipoproteine im Vergleich zu Albumin bevorzugt adsorbiert werden. Der somit um die roten Blutkörperchen existierende Plasmaproteinfilm bestimmt wesentlich die Oberflächeneigenschaften der Erythrocyten und damit der Plastizität. (3)

Da unter einer dysproteinämischen Umwandlung des Normalproteinfilmes der roten Blutkörperchen, wie es bei einer stark erhöhten BSG der Fall ist, eine Änderung der Flexibilität der Erythrocyten denkbar erscheint, könnte postuliert werden, daß dieser veränderte Plasmaproteinfilm die Filtration der roten Blutkörperchen beeinflußt.

Eine Abnahme der Filtrierbarkeit des Blutes bei zunehmender Dysproteinämie würde somit die Vorstellung von einem Plasmaproteinfilm an der Erythrocytenoberfläche stützen und außerdem einen Beitrag zur Pathogenese des symptomatisch erworbenen hämolytischen Syndroms leisten.

So wurden die Mittelwerte aus je 5 Filtrationen von 35 Blutproben (Hk 15) mit deren BSG und deren Serumgehalt an Albumin, Alpha -, Beta- und Gamma-Globulin verglichen (s. Abb. XX - XXVI).

Abb. XX stellt die Abhängigkeit zwischen der BSG und dem zugehörigen Filtratvolumen dar: Die Filtratvolumina nehmen mit zunehmender BSG statistisch significant ab. Führt man zwischen dem Filtratvolumen und der BSG, bzw. dem absoluten Serumgehalt an Gamma-, Alpha- und Beta-Globulinen sowie an Albuminen Regressions- und Korrelationsrechnungen durch (s.S.39,42,45,48,51,54 und 57), so bestätigt sich die signifikante Abnahme der Filtration bei steigender BSG und läßt sich eine statistisch auffällige Beziehung nachweisen zwischen der Höhe des Alpha₂-Globulingehaltes und dem Filtratvolumen, das mit Zunahme der Alpha₂-Globuline abnimmt. Zwischen dem Filtratvolumen und dem Albumin-, bzw. Alpha₁-, Beta- und Gamma-Globulin-Gehalt der Blutproben dagegen sah man keine Abhängigkeit. Eine Deutung dieser Ergebnisse ist nur soweit möglich, als sie für eine Milieuabhängigkeit der Erythrocytenflexibilität sprechen.

Zusammenfassung

Es wurde die Filtrationsfähigkeit der Erythrocytensuspensionen untersucht abhängig vom Hämatokrit, von der Zeit, vom Antikoagulans, vom Energiestoffwechsel der roten Blutkörperchen, von der BSG und der Zusammensetzung der Serum-eiweißkörper.

Es konnte festgestellt werden, daß die Filtration bei einem Hk von 15 im Ansatz die besten Durchsätze mit der geringsten Streuung zeigte. Außerdem nahmen die Filtratmengen mit zunehmendem Zeitabstand vom Herstellen der Suspension zur eigentlichen Filtration deutlich ab.

Die Tatsache, daß die Filtration bei Citrat-Vollblut nach 20 Stunden annähernd sistiert, wurde auf mangelnde Flexibilität der Erythrocyten infolge zu geringen Glucosegehaltes im Serum und somit anärober Stoffwechselvorgänge zurückgeführt.

Die Flexibilität scheint eine energieabhängige Erythrocytenfunktion darzustellen, die mit der hier benutzten Filtrationsmethode spezifisch erfaßt wurde. Deshalb wurde bei allen Erkrankungen mit Verdacht auf eine Erythrocytenplastizitätsänderung die Filtration von Patientenblutproben als Routineuntersuchung empfohlen.

Die Untersuchung von Patientenblut zeigte eine deutliche Abnahme der Filtration mit zunehmender BSG. Außerdem bestand eine Abhängigkeit der Filtration von der Zusammensetzung der Serum-eiweißkörper: Mit zunehmendem Alpha₂-Globulingehalt nahm das Filtratvolumen statistisch auffällig ab. Aufgrund dieser Ergebnisse scheint es wahrscheinlich, daß die Erythrocytenflexibilität milieuabhängig ist.

Literaturverzeichnis

- 1) Begemann, H. und H.-G. Harwerth
Praktische Hämatologie. 3. Aufl., Georg-Thieme-Verlag,
Stuttgart, 1967.
- 2) Duesberg, R. und J. Fischer
Die szintigraphische Darstellung der Milz als Ausdruck
ihrer Lage und ihres Funktionszustandes.
Med. Klin. 59 (1964) 429.
- 3) Duesberg, R. und F. Gramlich
Die Milz, ein defensives und aggressives Organ.
Dtsch. Med. Wschr. 89 (1964) 153.
- 4) Fischer, J. und R. Wolff
Die szintigraphische Darstellung der Milz mit Radiochrom.
Dtsch. Med. Wschr. 88 (1963) 305.
- 5) Fischer, J. und R. Wolff
Die Szintigraphie der Milz mit ^{51}Cr .
Bull. Schweiz. Akad. Med. Wiss. 19 (1963) 68.
- 6) Gramlich, F. und F. Kirchhoff
Der Einfluß dysproteinämischer Seren auf die
Resistenz normaler Erythrocyten.
Acta haemat. 42 (1969) 296.
- 7) Hennemann, H. H.
Antikörperbeladung und Erythrocytenoberfläche.
Folia hämat. 6 (1962) 430.
- 8) Jandl, J. H., R. L. Simmons, W. B. Castle
Red Cell Filtration and the Pathogenesis of Certain
Hemolytic Anemias.
Blood, 18 (1961) 133.

- 9) Müller, H.E. und F. Gramlich
Die Zusammensetzung des Plasmaproteinfilmes an
der Oberfläche menschlicher Erythrocyten bei
verschiedenen Krankheitsbildern.
Blut 10 (1964) 135.
- 10) Nicolau, C., P. Teitel, M. Fontino
Loss of Plasticity of Erythrocytes coated with
incomplete Antibodies.
Nature 184 (1959) 1808.
- 11) Teitel, P.
Disk-sphere Transformation and Plasticity
Alteration of Red Blood Cells.
Nature 206 (1965) 409.

Lebenslauf

Am 11. September 1943 wurde ich, Margit Spiess, in Kattowitz als Tochter des damaligen Reichsbahninspektors Ernst Spiess und dessen Ehefrau Hermine, geb. Chlouba, geboren.

Meine Schulzeit begann am 1.9.1950 mit der Volksschule in Rochlitz/Sachsen. Die Volksschule beendete ich 1958. Danach flüchtete ich mit meinen Eltern nach Westberlin. Nach vierwöchigem Lageraufenthalt in Berlin wurden wir in die Bundesrepublik geflogen und wohnen seither in Wiesbaden. Hier besuchte ich die Elly-Heuss-Schule und legte im März 1963 die Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester 1963 immatrikulierte ich mich an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz für das Fach Medizin. Im Frühjahr 1964 bestand ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung. Im April 1966 legte ich die ärztliche Vorprüfung ab, im Juli 1969 bestand ich das Staatsexamen.

Danach war ich 4 Monate in der chirurgischen Abteilung des DRK-Krankenhauses in Kassel, 4 Monate in der Gynäkologie im St.-Josefs-Hospital in Wiesbaden und 5 Monate in der Inneren Medizin in der I.Med.Klinik der Kliniken der Landeshauptstadt Wiesbaden als Medizinalassistentin tätig. Ende Oktober 1970 erhielt ich die Approbation als Ärztin. Seit 15. Dezember 1970 befinde ich mich in der Facharztausbildung für Gynäkologie an der Frauenabteilung des St.-Josefs-Hospitals in Wiesbaden.

